

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001285641
PUBLICATION DATE : 12-10-01

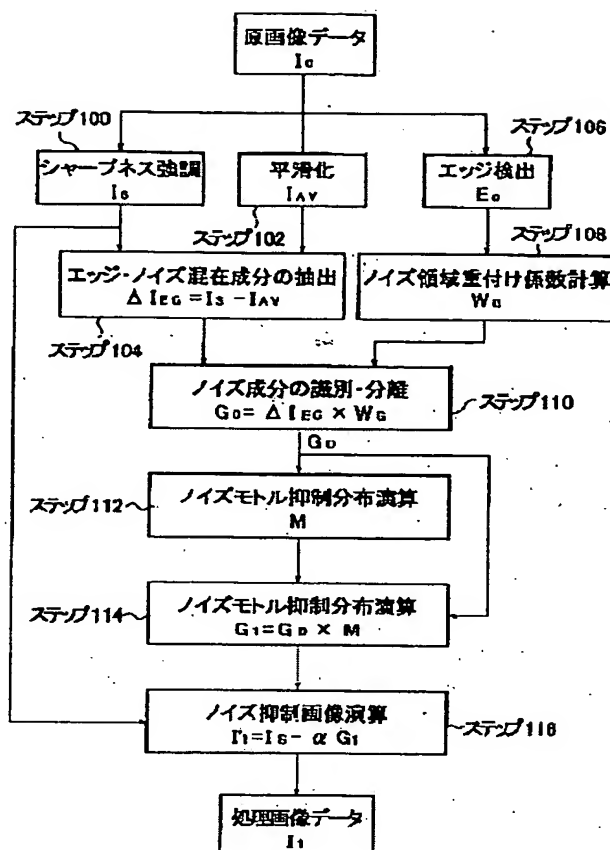
APPLICATION DATE : 31-03-00
APPLICATION NUMBER : 2000098922

APPLICANT : FUJI PHOTO FILM CO LTD;

INVENTOR : NAGAO KIMITOSHI;

INT.CL. : H04N 1/409 G06T 5/20, G06T 5/00
G06T 7/60 H04N 5/208 H04N 5/21

TITLE : IMAGE PROCESSING METHOD,
IMAGE PROCESSING APPARATUS
AND RECORDING MEDIUM



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing method, an image processing apparatus and a recording medium that can suppress noise and emphasize sharpness in a digital image without causing an unpleasant unevenness due to the noise and an unnatural artifact or the like.

SOLUTION: Sharpness emphasis, smoothing and edge detection are applied to original image data, edge and noise intermingled image data of an object are obtained from the obtained sharpness emphasis image data and smoothed image data, a noise weighting coefficient is obtained from edge emphasis data obtained by the edge detection, noise data are obtained from the weighting coefficient and the intermingled image data, a noise suppression distribution function denoting the spread of noise suppression is set, convolution integral is applied to this function and the noise data to calculate the noise suppression distribution, a noise suppression component is obtained by multiplying the noise data with the noise suppression distribution and the component is magnified and subtracted from the sharpness emphasis image data to obtain processed image data so as to solve the tasks above.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-285641
(P2001-285641A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 4 N 1/409		C 0 6 T 5/00	3 0 0 5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/20			2 5 0 A 5 C 0 2 1
	5/00 3 0 0	H 0 4 N 5/208	5 C 0 7 7
	7/60 2 5 0		B 5 L 0 9 6
H 0 4 N 5/208		1/40	1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-98922(P2000-98922)

(22) 出願日 平成12年3月31日 (2000. 3. 31)

(71) 出願人 000003201

富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 長尾 公俊

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真
フイルム株式会社内

(74) 代理人 100080159

弁理士 渡辺 望鈴

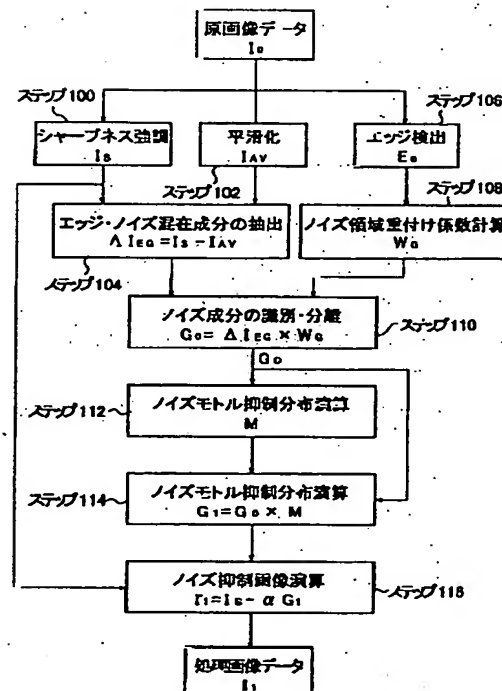
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】ノイズによる不快なむらや不自然なアーチファクト等を生じさせず、ノイズを抑制し、シャープネスを強調するデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法、装置および記録媒体の提供を課題とする。

【解決手段】原画像データにシャープネス強調、平滑化およびエッジ検出を行い、得られたシャープネス強調画像データと平滑化画像データから被写体のエッジとノイズの混在画像データを求め、エッジ検出で求めたエッジ強度データからノイズの重み付け係数を得、この重み付け係数と前記混在画像データからノイズデータを求め、一方、ノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、この関数と上記ノイズデータとの畳み込み積分を行いノイズ抑制分布を算出し、このノイズ抑制分布に上記ノイズデータを掛けてノイズ抑制成分を求め、この成分を変倍してシャープネス強調画像データから減算して処理画像データを得ることで前記課題を解決する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、

前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、

前記シャープネス強調画像データから前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成し、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求め、

このエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求め、

前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求め、

前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求め、

前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出し、

前記シャープネス強調画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算することによって、原画像

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、式(3)の $\text{rect}(r/a)$ は、値が1の矩形関数である。

【請求項7】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス強調処理部と、

前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、

前記シャープネス強調画像データから前記平滑化処理部で作成した前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求めるエッジ検出部と、

このエッジ検出部で求めたエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求めるノイズ領域重み係数演算部と、

前記エッジ・ノイズ混在成分抽出部で作成した前記混在画像データに、前記ノイズ領域重み係数演算部で求めた前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータ

のノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法。

【請求項2】前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素における、ノイズ抑制の広がりを中心位置において値が最大であり、この中心位置から離れるに従って値が小さくなる単調減少関数である請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項3】前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲において一定の値を持つ矩形関数である請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項4】前記ノイズ抑制分布関数の、原画像の画素における前記ノイズ抑制を及ぼす範囲は、画素数で1以上15以下の範囲の領域である請求項2または3に記載の画像処理方法。

【請求項5】前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置とこの位置での値を定めることによって設定される請求項2～4のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項6】前記ノイズ抑制分布関数は、 r を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離、 a を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がり範囲を定める抑制範囲定数とすると、下記式(1)～(3)のいずれかで表される関数 $s(r)$ である請求項5に記載の画像処理方法。

$$(1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

を求めるノイズ成分識別分離部と、

前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定するノイズ抑制分布関数設定部と、

前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータと前記ノイズ抑制分布関数設定部で設定した前記ノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求めるノイズ抑制分布演算部と、

このノイズ抑制分布演算部において求められた前記ノイズ抑制分布を前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータに乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出するノイズ抑制成分演算部と、

前記シャープネス強調画像データから前記ノイズ抑制成分演算部で算出した前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算して処理画像データを求めるノイズ抑制演算処理部とを有することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理装置。

【請求項8】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成する手順と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する手順と、

前記シャープネス強調画像データから前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成する手順と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求める手順と、

前記エッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求める手順と、

前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求める手順と、

前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求める手順と、

前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出する手順と、

前記シャープネス強調画像データから、前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算する手順をコンピュータに実行させて、原画像のノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル画像の粒状等をはじめとするノイズ（雑音）成分を抑制し、かつシャープネス強調するデジタル画像の画像処理方法、装置および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】銀塩写真の画像を画像入力スキャナで走査して収録したデジタル画像や、デジタルスチルカメラ等で撮影したデジタル画像を画像処理し、画像出力プリンタで出力するようなシステムでは、出力された画像はスキャナやカメラとプリンタによる大幅なシャープネス劣化があり、それを回復するために従来からラブラシアンフィルタやアンシャープマスク（USM）によるシャープネス強調が行われている。しかし、画像のシャープネスが向上すると共に粒状などのノイズ（雑音）が悪化する副作用があるため、粒状などのノイズのある画像においては粒状悪化が許容される範囲内で控え目なシャープネス強調しか行えず、原稿画像以上に画質を向上させることが困難であった。

【0003】デジタル画像において、ノイズとなる粒状を除去しシャープネスを強調する画像処理法としては幾つか提案されているが、粒状を除去する方法として平均化したり、ぼかす方法を用いているため、ぼけた粒状パターンが視覚的には不快に感じられたり、微小な被写体構造が不自然に消されたりする等の問題点があり、写真

のような審美的な画像には適さない。

【0004】写真、印刷、テレビジョン、各種複写機等の画像において、カメラ等の光学系による鮮鋭度劣化、写真感光材料に固有の粒状や鮮鋭度劣化、もしくは写真や印刷等の原稿画像を画像入力装置でデジタル化する際に付加されるノイズ（雑音）や鮮鋭度劣化を回復するため、ノイズを抑制したり、シャープネスを強調する画像処理法として種々の方法が考案されている。たとえば、従来の画像処理方法では、粒状除去処理方法としては平滑化やコアリングという方法が用いられ、シャープネス強調処理法としてはアンシャープマスク（USM；Unsharp Masking）やラブラシアン、あるいはハイパスフィルタによる処理が用いられている。しかし、これらの従来の粒状除去処理方法では粒状を抑制すると不自然な違和感のあるアーチファクトが生じたり、本来は抑制してはならない画像の微細構造を粒状と共に抑制してしまう等の望ましくない欠点を有していた。

【0005】たとえば、特表昭57-500311号公報、同57-500354号公報および「アンシャープで粒状が目立つ写真画像のデジタル強調方法」、電子画像処理国際会議録、1982年7月、第179～183頁（P.G.Powell and B.E.Bayer, "A Method for the Digital Enhancement of Unsharp, Grainy Photographic Images", Proceedings of the International Conference on Electronic Image Processing, Jul. 26-28, 1982, pp. 179-183）に開示されたボーウェルおよびバイヤーらの処理法では、粒状抑制方法として平滑化処理法（ローパスフィルタ）を用い、シャープネス強調方法としてアンシャープマスク（ハイパスフィルタ）による処理法を用いている。平滑化処理は $n \times n$ 画素の信号値にGaussian型等の重み付けを乗じて信号を平滑化することによって、粒状を抑制する処理である。シャープネス強調処理は、先ず $m \times m$ 画素の画像信号を用いて、中心画素から周囲画素の方向の微分値を求め、その値が設定した閾値より小さい場合は粒状や雑音と見做してコアリング処理で除去し、残った閾値より大きい微分値の和をとり、1.0以上の定数を乗じて上記の平滑化信号に加算することによりシャープネス強調を行う。

【0006】この処理法では、粒状パターンをぼかしているため、粒状パターンの濃淡コントラストは低下するが、粒状を構成する粒子の大きな集落（粒状モトル）からなる大きいむらパターンが視覚的には目立つようになり、不快な粒状として見えるという欠点がある。また設定した閾値で粒状と画像の識別を行っている（コアリング処理）ので、コントラストの低い画像信号が粒状誤認され、粒状と共に抑制あるいは除去されてしまったり、除去した信号と強調した画像信号との境界で不連続性が生じ、画像に不自然なアーチファクトが見られるという欠点がある。特に、芝生や絨毯等の微細な画像、および布地等のテクスチャが描写されている画

像においてこの欠点が現れ、視覚的には極めて不自然で望ましくないアーティファクトとなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の粒状抑制・シャープネス強調画像処理方法では、シャープネスはアンシャープマスクで強調し、粒状はぼかしたり、平滑化によって抑制する手法を用い、原画像から粒状（ノイズ）信号と輪郭信号を信号レベルで分離して、輪郭信号はシャープネス強調し、平滑領域は粒状抑制することにより、小さい信号を粒状と見做して処理するので、粒状の信号レベルと近い画像細部信号、すなわち衣類のテクスチャや頭髮等の画像信号が粒状と共に抑制され、画像処理のアーティファクトとして視覚的に不快な画像となる欠点があるという問題があった。すなわち、このような従来法では、粒状抑制の方法として平均化を用いて画像をぼかしており、ぼけた粒状パターン（「ぼけ粒状」）は、画像における濃度の揺らぎとしては小さくなって粒状が良くなったかのように見えるが、逆に濃度揺らぎ量は小さいがぼけて広がった粒状パターンが視覚的には不快なパターンと認識され、特に、ポートレート写真等の顔や肌、あるいは壁や空等の一様な被写体で目立つという問題があった。

【0008】また、原画像から粒状（雑音、ノイズ）領域と輪郭領域を信号レベルで分離する従来法では、原画像とぼけ画像の差分信号から輪郭領域と平坦領域を識別し、それぞれの領域に対してアンシャープマスクやラプラシアン等の異なる係数を用いて処理することによって、平坦領域では粒状を抑制しつつ、輪郭領域ではシャープネスを強調してエッジをぼかすことなく粒状抑制をしているが、輪郭領域と粒状領域の認識・分離が閾値となる信号レベルで一律に行われるため、その境界で不連続性が生じるという問題があった。さらに、このような従来法では、エッジ強調あるいはシャープネス強調方法としてアンシャープマスクやラプラシアンが用いられているが、画像の輪郭・エッジ部にマッキーラインのような縁取りが発生し易く、視覚的に不自然な印象を与えるという問題があった。このような粒状などのノイズの抑制とシャープネス強調に関する問題は、銀塩写真に特有の問題でなく、デジタルスチルカメラ等で画像を撮影する際にも、ショットノイズや電氣的なノイズをはじめとする種々のノイズの抑制とシャープネス強調の問題として発生する。

【0009】本発明は、上記従来技術の現状を鑑みてなされたものであって、銀塩写真、デジタルスチルカメラ画像、印刷、テレビジョン、各種複写機等の画像において、カメラによるぼけ、写真感光材料の粒状やぼけ等の原稿画像に固有のノイズ（雑音）と鮮鋭度劣化、もしくはその原稿画像を画像入力装置でデジタル化する際に付加されるノイズやデジタルスチルカメラで撮影する際のショットノイズと鮮鋭度劣化を回復する処理を行う際

に、上記従来技術の問題点、すなわち、平滑化によるノイズの抑制を行うとノイズがぼけて大きいむらが視覚的に不快に見えるという問題点、コントラストの低い画像信号が粒状、あるいはノイズと誤認され、抑制あるいは除去される問題点、ノイズ除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーティファクトが見られるという問題点を生じさせずに、ノイズを抑制し、画像のシャープネス強調を行うデジタル画像の画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置およびこの方法を実施するコンピュータが読み取り可能な記録媒体を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、前記シャープネス強調画像データから前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成し、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求め、このエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求め、前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求め、前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求め、前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出し、前記シャープネス強調画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算することによって、原画像のノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法を提供するものである。

【0011】ここで、前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素における、ノイズ抑制の広がりを中心位置において値が最大であり、この中心位置から離れるに従って値が小さくなる単調減少関数であるのが好ましく、あるいは、前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲において一定の値を持つ矩形関数であるのが好ましい。

【0012】また、前記ノイズ抑制分布関数の、原画像の画素における前記ノイズ抑制を及ぼす範囲は、画素数で1以上15以下の範囲の領域であるのが好ましく、また、前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置とこの位置での値を定めることによって設定されるのが好ましい。

【0013】前記ノイズ抑制分布関数は、 r を原画像の

画素におけるノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離、 a を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がり

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、式(3)の $\text{rect}(r/a)$ は、値が1の矩形関数である。

【0014】さらに、上記目的を達成するために、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス強調処理部と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、前記シャープネス強調画像データから前記平滑化処理部で作成した前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求めるエッジ検出部と、このエッジ検出部で求めたエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求めるノイズ領域重み係数演算部と、前記エッジ・ノイズ混在成分抽出部で作成した前記混在画像データに、前記ノイズ領域重み係数演算部で求めた前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求めるノイズ成分識別分離部と、前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定するノイズ抑制分布関数設定部と、前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータと前記ノイズ抑制分布関数設定部で設定した前記ノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求めるノイズ抑制分布演算部と、このノイズ抑制分布演算部において求められた前記ノイズ抑制分布を前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータに乘算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出するノイズ抑制成分演算部と、前記シャープネス強調画像データから前記ノイズ抑制成分演算部で算出した前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算して処理画像データを求めるノイズ抑制演算処理部とを有することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理装置を提供するものである。

【0015】また、上記目的を達成するために、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成する手順と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する手順と、前記シャープネス強調画像データから前記平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジとシャープネス強調されたノイズとが混在する混在画像データを作成する手順と、前記原画像

画を定める抑制範囲定数とすると、下記式(1)で表される関数 $s(r)$ であるのが好ましく、

$$(1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求める手順と、前記エッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求める手順と、前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求める手順と、前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求める手順と、前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出する手順と、前記シャープネス強調画像データから、前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算する手順をコンピュータに実行させて、原画像のノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体を提供するものである。

【0016】ここで、上記ノイズとは、銀塩感光材料を用いた写真用フィルム等をフィルムスキャナを用いて読み取って得られる画像データに含まれる、感光材の粒子に起因する粒状のみならず、銀塩感光材料を用いることなくデジタルスチルカメラ等のCCDやMOS等の撮像素子および種々の撮像管を用いて得られる画像データに含まれるノイズも広く含む。

【0017】上記発明は、

- ・原画像からエッジを検出し、エッジ強度を求め、エッジ強度の弱い領域はノイズ領域と見做し、ノイズ領域をエッジ領域から分割するためのノイズ領域の重み付け係数を算出し、

- ・原画像からシャープネス強調画像および平滑化画像を作成し、シャープネス強調画像から平滑化画像を減算することにより、シャープネス強調されたエッジとシャープネス強調されたノイズの混在成分を求め、

- ・ノイズ領域の重み付け係数をエッジとノイズの混在成分に乘算して求めたノイズ成分から、ノイズ抑制分布関数を用いてノイズ抑制分布を求め、このノイズ抑制分布と上記ノイズ成分とからノイズ抑制成分を求め、

- ・シャープネス強調画像からノイズ抑制成分を減算することによって、例えば、原画像データが銀塩感光材料を用いた写真用フィルム等からフィルムスキャナを用いて読み取られた場合、感光材料の粒子の大きな集落であり、ノイズ成分を形成する粒状モトルがより大きい(粒状が粗い)部分では粒状を強く抑制し、粒状モトルの小さい部分では粒状を弱く抑制するか、あるいは抑制する。これによって、粒状等のノイズの揺らぎを抑制、均

一化することができ、画像のノイズ領域において粒状モトル等の空間的に大きく揺らぐ部分が選択的に抑制された画質の良い画像を得ることができる。原画像データがデジタルスチルカメラ等の撮像素子を用いて撮影されて得られた場合、入射光の光子揺らぎや、撮像素子中の1個1個の光センサの固有のノイズ、あるいは電気回路で発生する熱雑音(ノイズ)、量子化ノイズ等の種々のノイズが画像中で画素単位の信号、あるいは濃度揺らぎとなって現れるが、ノイズ揺らぎが空間的には疎の部分や密の部分が生じ、銀塩感光材料の粒状モトルと同様に、ノイズモトルを形成しているため、ノイズモトルの大きいところは強く抑制し、ノイズモトルの小さいところは弱く抑制することによって、ノイズを均一化することができ、画質の良い画像を得ることができる。

【0018】すなわち、本発明のノイズ抑制の画像処理方法では、ノイズ成分を識別し、そのノイズ成分中のノイズモトル等のように大きく粗いノイズをより強く抑制し、ノイズの小さいものを弱く抑制するか抑制しないような処理を行うことによって、ノイズによる画像濃度の変動を小さく均一にする(揺らぎの大きさのばらつきを小さくする)処理を行う。ノイズ成分が粒状成分である場合、粒状パターンを、従来のように平滑化処理を行うものでなく、大きな粒状モトルを目立たなくするので、銀塩写真感材で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状(空間的に細かく、かつ振幅も小さく粒状)にすることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の画像処理方法を実施する画像処理装置について、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。本発明における「ノイズ」は、上述したように雑音全般を指す。また、「ノイズ」は、デジタルスチルカメラ等の電子的撮像素系では単にノイズと言うが、銀塩写真感光材料においてはノイズというより、粒状と言うのが一般的である。従って、以降の説明で、特に銀塩写真感光材料を例として説明する場合、「ノイズ」に替えて「粒状」を用いる。また、後述する「ノイズモトル」は、デジタルスチルカメラ等の電子的撮像素系においてノイズ揺らぎが空間的に密な部分を形成するノイズモトルの他、銀塩写真感光材料における粒状モトルも含む。

【0020】図1は、本発明に係る画像処理装置を組み込んだシステムであって、カラー画像を読み取り、本発明の画像処理方法を行い、カラー画像を出力するカラー画像再生システムのブロック図である。図2は、本発明に係る画像処理方法を実施する画像処理装置の一実施例のブロック図である。図3は、本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。以下の説明では、デジタル画像として銀塩カラー写真画像から得られる画像データを代表例として説明する。

【0021】図1に示すように、カラー画像再生システム

10は、カラー写真画像(カラーネガフィルム、カラーリバーサルフィルムなどのフィルム画像などやデジタルカメラ等の撮影画像)などのカラー画像を読み取ってデジタル入力画像データを得る画像入力装置12と、画像入力装置12から入力される入力画像データに所要の画像処理とともに本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理を施して、処理画像データ I_1 を得る画像処理装置14と、画像処理装置14から出力される処理画像データ I_1 に基づいてプリント画像などのカラー画像を出力する画像出力装置16とを備える。

【0022】画像入力装置12は、デジタルカラー画像データを作成して、画像処理装置14への入力画像データとして出力するためのもので、例えば、カラー(またはモノクロ)ネガフィルムやカラー(またはモノクロ)リバーサルフィルムなどのカラーフィルム画像を読み取ってデジタル画像データを作成するフィルムスキャナ装置、印刷物や反射プリント画像などのカラー反射原稿画像を読み取ってデジタル画像データを作成する反射原稿用スキャナ装置が挙げられる。なお、本発明においては、被写体を直接撮影してデジタル画像データを作成するデジタルカメラや電子スチルカメラやビデオカメラ、もしくは、これらで作成されたデジタル画像データを格納した記録媒体、例えば、スマートメディア、メモリースティック、PCカードなどの半導体メモリーやFD、Zipなどの磁気記録媒体やMO、MDなどの光磁気記録媒体やCD-ROM、Photo-CDなどの光記録媒体などをドライブしてデジタル画像データとして読み出すドライバ、これらのデジタル画像データを読み込んでソフトコピー画像を表示するCRTモニタ、液晶モニタなどの表示装置、および読み込んだもしくは表示されたデジタル画像データを全体的にもしくは部分的に画像処理する画像処理用PC、WSなどのコンピュータなどであってもよい。

【0023】画像出力装置16は、最終処理画像データとして画像処理装置14から出力される処理画像データ I_1 に基づいて、カラー写真画像などのカラー入力画像が再現されたカラー画像を出力するためのもので、反射プリント画像や反射原稿画像などのカラーハードコピー画像を出力するデジタルフォトプリンタや複写機や電子写真、レーザプリンタ、インクジェット、熱昇華型、TAAなどの種々の方式のデジタルカラープリンタなどの画像出力装置、ソフトコピー画像として表示するTV、CRTモニタ、液晶モニタ等の表示装置やPCやWSなどのコンピュータなどを挙げることができる。

【0024】画像処理装置14は、画像入力装置12からの入力画像データの色および調子(階調)を画像出力装置16に所望の色および調子再現で出力するために調整処理して原画像データ I_0 を作成する色・調子処理部18と、この色・調子処理部18によって処理された原

画像データ I_0 に本発明の最も特徴とする部分であって、本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を実施して処理画像データ I_1 を作成するノイズ抑制・シャープネス強調画像処理部 20 と、色および調子再現性が調整された画像データに基づいて再生画像を表示する画像モニタおよび種々の所要の画像処理や本発明の画像処理を行うためのパラメータを設定する画像処理パラメータ設定部からなる画像モニタ・画像処理パラメータ設定部 22 とを有する。

【0025】ここで、色・調子処理部 18 は、画像入力装置 12 から入力される入力画像データの色および調子（階調）の再現性を画像出力装置 16 において適正に再現されるように色変換または色補正（階調変換または補正も含む）を行って、本発明の画像処理方法を実施するための原画像データ I_0 を作成するものであり、ここで行われる処理としては、例えば、色（グレイ）変換や補正、階調補正、濃度（明るさ）補正、彩度補正、倍率変換、濃度ダイナミックレンジの圧縮・伸長などの種々の処理を挙げることができる。

【0026】画像モニタ・画像処理パラメータ設定部 22 は、画像モニタおよび画像処理パラメータ設定部からなり、画像モニタに画像入力装置 12 から入力された入力画像データに基づいて入力画像を表示するとともに、この画像モニタを用いて（例えば GUI などによって）入力画像データに色・調子処理部 18 および本発明の画像処理方法を実施するためのノイズ抑制画像処理部 20 で行う各種の画像処理のパラメータを図示しないマウスやキーボードなどのデータ入力機によって設定するためのものである。ここで、設定されるパラメータは、上述した各種の処理に用いられる補正係数、変換係数、倍率などや後に詳細に説明する本発明の画像処理方法を実施する上で必要となる様々な係数や定数などを挙げることができる。

【0027】本発明の画像処理方法を実施するノイズ抑制画像処理部（以下、単に本画像処理部という）20 は、色・調子処理部 18 で作成された原画像データ I_0 に本発明の特徴とするノイズ抑制とシャープネス強調の画像処理を行って、画像出力装置 16 に出力するための最終処理画像データである処理画像データ I_1 を作成するためのものである。

【0028】ここで、本画像処理部 20 は、図 2 に示すように、原画像データ I_0 にシャープネス強調処理を行って、画像とともにこの画像中に含まれる粒状をはじめとするノイズ（雑音）をも鮮鋭化したシャープネス強調画像データ I_s を作成するシャープネス強調処理部 24 と、原画像データ I_0 に平滑化処理を行って、平滑化画像データ I_{av} を作成する平滑化処理部 26 と、原画像データ I_0 から平滑化画像データ I_{av} を減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データ ΔI_{eg} を作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部 28 と、原

画像データ I_0 から被写体画像のエッジ検出を行って、被写体エッジ領域とノイズ領域とを識別するためのエッジ強度データ E_0 を求めるエッジ検出部 30 と、このエッジ強度データ E_0 からノイズ領域の重み付け係数 W_g を求めるノイズ領域重み係数演算部 32 と、エッジ・ノイズ混在成分抽出部 28 で得られた混在画像データ ΔI_{eg} にノイズ重み係数演算部 32 で求められたノイズ領域の重み付け係数 W_g を乗じて、ノイズ領域のノイズデータ G_0 を求めるノイズ成分識別分離部 34 と、原画像データ I_0 におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 s_1 を演算して設定するノイズ抑制分布関数設定部 36 と、ノイズ成分識別分離部 34 で求めたノイズデータ G_0 とノイズ抑制分布関数設定部 36 で設定したノイズ抑制分布関数 s_1 との畳み込み積分を行ってノイズモトル抑制分布（本発明におけるノイズ抑制分布に相当） M を演算して求めるノイズモトル抑制分布演算部（本発明におけるノイズ抑制分布演算部に相当）38 と、ノイズモトル抑制分布演算部 38 で求められたノイズモトル抑制分布 M をノイズ成分識別分離部 34 で求めたノイズデータ G_0 に乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データ G_1 を算出するノイズ抑制成分演算部 40 と、ノイズ抑制成分演算部 40 で算出されたノイズ抑制成分画像データ G_1 を変倍してシャープネス強調処理部 24 で求められたシャープネス強調画像データ I_s から減算し、画像出力装置 16 に適した処理画像データ I_1 に変換するノイズ抑制演算処理部 42 とを有する。

【0029】図 2 に示すノイズ抑制・シャープネス強調画像処理部 20 は、基本的に以上のように構成される。次に、図 3 に示す本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムを示すフローチャートを参照しながら、本処理部 20 の作用に基づいて、本発明の画像処理方法を概説する。

【0030】本実施例においては、図 3 に示すように、画素毎にまず、原画像データ I_0 から、シャープネス強調処理部 24 においてシャープネス強調処理を行い（ステップ 100）、シャープネス強調画像データ I_s を得、平滑化処理部 26 において平滑化処理を行い（ステップ 102）、平滑化画像データ I_{av} を得、エッジ・ノイズ混在成分抽出部 28 においてシャープネス強調され鮮鋭化されたエッジとノイズとの混在した混在画像データ ΔI_{eg} を抽出する（ステップ 104）。

【0031】一方、エッジ検出部 30 において原画像データ I_0 から被写体エッジ領域とノイズ領域とを識別するためのエッジ強度データ E_0 を求めてエッジ検出を行い（ステップ 106）、ノイズ領域重み係数演算部 32 において、ノイズ領域の重み付け係数 W_g を計算して求める（ステップ 108）。さらに、ノイズ成分識別分離部 34 において、ノイズデータの識別・分離を行う（ステップ 110）。すなわち、混在画像データ ΔI_{eg} に、ノイズ重み係数演算部 32 で求められたノイズ領域の重

み付け係数 W_0 を乗じて、ノイズデータ G_0 を求める。

【0032】次に、ノイズ抑制分布関数設定部36において、原画像データ I_0 におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 s_1 を設定し、ノイズモトル抑制分布演算部38において、ノイズデータ G_0 とこのノイズ抑制分布関数 s_1 との畳み込み積分を行ってノイズモトル抑制分布 M を求め(ステップ112)、ノイズ抑制成分演算部40において、ノイズモトル抑制分布 M をノイズデータ G_0 に乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データ G_1 を演算して算出し(ノイズモトル抑制分布の演算を行い)(ステップ114)、ノイズ抑制演算処理部42において、シャープネス強調処理部24で得られたシャープネス強調画像データ I_s から先に算出したノイズ抑制成分画像データ G_1 を変倍して減算し(ノイズ抑制画像の演算を行い)、さらに、必要に応じて、画像出力装置16に適した画像データに変換することによって処理画像データ I_1 を得る(ステップ11

$$I_s(x,y) = I_0(x,y) + a[I_0(x,y) - I_{av}(x,y)] \quad (4)$$

ここで、 a はシャープネス強調の程度を調節する定数である。ラプラシアンは、原画像データ $I_0(x,y)$ の二次微分(ラプラシアン) $\nabla^2 I_0(x,y)$ を原画像データ $I_0(x,y)$

$$I_s(x,y) = I_0(x,y) - \nabla^2 I_0(x,y) \quad (5)$$

ラプラシアンによるシャープネス強調の具体的な例としては、下記式(6)のような 3×3 の係数配列が良く用

$$\begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{array} \quad (6)$$

【0035】この係数配列では、特に強いシャープネス強調を掛けたときに、画像のエッジに不自然な輪郭が発生し易い。そこで、そのような欠点を少なくするため

$$G(x,y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2] \quad (7)$$

ここで、 σ^2 は正規分布関数の広がりを表すパラメータであり、マスクの端 $x = x_1$ における値とマスクの中心

$$G(x_1,0)/G(0,0) = \exp[-x_1^2/2\sigma^2] \quad (8)$$

が0.1~1.0となるように調節することによって、 3×3 のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。式(8)の値を1.0に近い値にすると、式(5)の中央のラプラシアンフィルタとほぼ同じマスクを作ることができる。マスクのシャープさを変更するには、この他にマスクの大きさを変更する方法

$$E(x,y) = \exp[-(x^2 + y^2)^{1/2}/a] \quad (9)$$

ここで、 a は式(8)の σ^2 と同様にアンシャープマスクの広がりを表すパラメータであり、マスクの端の値と

$$E(x_1,0)/E(0,0) = \exp[-x_1/a] \quad (10)$$

が0.1~1.0となるように調節することによって、 3×3 のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとする。式(10)に、 $E(x_1,0)/E(0,0) =$

$$\begin{array}{ccc} 0.18 & 0.30 & 0.18 \\ 0.30 & 1.00 & 0.30 \\ 0.18 & 0.30 & 0.18 \end{array} \quad (11)$$

6)。

【0033】次に、本発明の画像処理方法の上述した各工程について詳細に説明する。まず、シャープネス強調工程(ステップ100)について説明する。ここで、画像のシャープネスを強調する方法としては、アンシャープマスク(Unsharp masking, USM)またはラプラシアン(Laplacian)が良く知られている。本発明においても、これらを用いることにより、画像のシャープネス劣化が軽度なものであれば、画像のシャープネスを強調することができる。

【0034】アンシャープマスクは、次式のように原画像データ $I_0(x,y)$ (注目する画素位置を、 x および y とする)から、 $I_0(x,y)$ を平均化あるいはぼかした画像 $I_{av}(x,y)$ を引いて求めたエッジ強調成分 $I_0(x,y) - I_{av}(x,y)$ に係数 a を掛けて原画像データ $I_0(x,y)$ に加算することによって、下記式(4)のように、シャープネス強調画像 $I_s(x,y)$ を求める方法である。

y)から引くことによって、シャープネス強調する方法で、次式で表される。

いられる。

$$\begin{array}{ccc} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{array} \quad (6)$$

に、本発明では式(7)に示したような正規分布型(Gaussian)のぼけ関数を用いたアンシャープマスクを用いるのが好ましい。

$x=0$ における値の比、

があり、たとえば 5×5 、 7×7 、 9×9 等のマスクを用いることによって、シャープネス強調された画像の空間周波数を大幅に変更することができる。

【0036】また、マスクの関数形としても、上記の正規分布型以外のもの、たとえば、下記式(9)のような指数関数型のマスクを用いることができる。

マスクの中心値の比、

0.3としたときの式(9)の指数関数のマスクの数値例を示す。

このマスクから、アンシャープマスクの1例を計算する

$$\begin{array}{ccc} -0.12 & -0.22 & -0.12 \\ -0.21 & 2.32 & -0.21 \\ -0.12 & -0.21 & -0.12 \end{array}$$

【0037】このようなアンシャープマスクを用いて、原画像データ $I_0(x,y)$ からシャープネス強調画像データ $I_s(x,y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられるアンシャープマスクおよびシャープネス強調方法は、上述したものに限定されるわけではなく、この他の従来公知のアンシャープマスクや空間周波数フィルタリング等によるシャープネス強調方法を適用可能なことはもちろんである。図4(a)には、エッジ成分が支配的な領域 E_1 および領域 E_2 と、ノイズモトルのある領域Aや領域Bや領域Cを含むノイズ領域とを有する原画像データ I_0 の一次元プロファイル波形の一例が示され、このプロファイル波形に対してシャープネス強調を施すことによって、図4(b)に示すように、領域 E_1 および領域 E_2 のようにエッジ成分の強い領域においてエッジの信号が強調されるとともに、領域A、領域Bおよび

$$I_{AV}(x,y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W(i,j) \cdot I_0(x+i-\frac{n}{2}, y+j-\frac{n}{2}) \quad (13)$$

【0039】ただし、 n は平均化のマスクサイズ、 $w(x,y)$ は重み係数である。 $w(x,y) = 1$ とすると、単純平均となる。本発明では、実空間領域処理の中で、正規分布型の重み係数を掛けて平均値を求める方法を用いるが、これに限定されない。この時、処理のマスクとしては、下記のような $n \times n$ 画素のマスクを用いるのが好ましい。具体的には 3×3 から 5×5 、 7×7 、 9×9 程度のものを用いるのが好ましい。

$$\begin{array}{cccccccc} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \cdots & w_{1n} & & & \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.30 & 0.51 & 0.74 & 0.93 & 1.00 & 0.93 & 0.74 & 0.51 & 0.30 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \end{array}$$

【0041】このようなマスクを用いて、原画像データ $I_0(x,y)$ から平滑化画像データ $I_{AV}(x,y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられる平滑化方法としては、上述した種々の方法に限定されるわけではなく、従来公知の平滑化方法はいずれも適用可能なことはいうまでもない。図4(c)には、図4(a)に示されるプロファイル波形が、平滑化処理によって処理された結果が示され、ノイズモトルのある領域Aや領域Bや領域Cを含むノイズ領域のノイズ成分が抑制され滑らかになるとともに、エッジ成分が支配的な領域 E_1 および領域 E_2

と、次式(12)のようになる。

(12)

領域Cを含むノイズ領域についてもノイズ成分が強調されるのが判る。

【0038】次に、平滑化工程(ステップ102)について説明する。平滑化を行う方法としては、実空間領域の処理と空間周波数領域の処理を挙げることができる。実空間領域処理では、隣接する画素全体の和を求め平均値を計算してその値に置き換える方法、各画素に重み係数、たとえば正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法、メディアンフィルタのような非線型な処理を行う方法等の種々の方法がある。一方、空間周波数領域の処理では、ローパスフィルタを掛ける方法がある。たとえば、重み係数を用いる平均化の方法では下記式(13)を挙げることができる。なお、ここで、 (x,y) 等は、画像内の注目画素の位置座標を表す。

【数1】

$$\begin{array}{cccccccc} w_{21} & w_{22} & w_{23} & \cdots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & \cdots & w_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \cdots & w_{nn} \end{array} \quad (14)$$

【0040】 9×9 画素のマスクの一例を示す。この式(15)では中心の値を1.0に正規化した値で示しているが、実際の処理ではマスク全体の和が1.0になるようにする。

$$\begin{array}{cccccccc} 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.30 & 0.51 & 0.74 & 0.93 & 1.00 & 0.93 & 0.74 & 0.51 & 0.30 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \end{array} \quad (15)$$

についても、エッジ信号が抑制され滑らかなプロファイル波形となっていることが判る。

【0042】次いで、エッジ・ノイズ混在成分の抽出工程(ステップ104)について説明する。平滑化工程(ステップ102)で得られた平滑画像データ $I_{AV}(x,y)$ を、下記式(16)に従って、シャープネス強調工程(ステップ100)で得られたシャープネス強調画像データ I_s から減算し、シャープネス強調されたエッジとノイズの混在する微細構造データである混在成分 $\Delta I_{EG}(x,y)$ を抽出する。

$$\Delta I_{EG}(x,y) = I_0(x,y) - I_{AV}(x,y) \quad (16)$$

図4(d)には、図4(b)および(c)で示されるプロファイル波形を用いてエッジ・ノイズ混在成分の抽出工程によって得られる混在成分 $\Delta I_{EG}(x,y)$ のプロファイル波形が抽出されている。

【0043】次に、エッジ検出工程(ステップ106)について説明する。ここでは、一例として局所分散方式によるエッジ検出を代表例として説明するが、本発明はこれに限定される訳ではない。

【0044】エッジ検出を行う際に先ず、以下のような

$$D_v = (rD_R + gD_G + bD_B) / (r + g + b) \quad (17)$$

重み係数としては、例えば、 $r : g : b = 4 : 5 : 1$ のような値を用いる。この変換を行うのは、R、G、Bで相関の無いノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させるためである。前処理の配列の大きさの範囲は 5×5 、あるいは 7×7 画素程度のものを用いるのがよいが、それは、後述する所定の配列内の画像濃度の変動を、配列内で小さい配列、例えば、 3×3 程度の配列を用いて、移動しながら計算するためである。

【0045】なお、エッジ検出における重み係数 r 、 g 、 b は以下のようにして求めることができる。重み係

$$r : g : b = 3 : 6 : 1$$

$$r : g : b = 4 : 5 : 1$$

$$r : g : b = 2 : 7 : 1$$

ここで、係数の比 $r : g : b$ として好ましい値の範囲を規定するとすれば、 $r + g + b = 10$ 、0で b を1、0としたときに、 g の値として、

$$g = 5.0 \sim 7.0$$

の範囲の値が好ましい。ただし、 $r = 10 - b - g$ である。

【0046】次に、エッジ検出工程(ステップ106)の局所分散によるエッジ検出について説明する。エッジの検出は、上記視覚濃度 D_v の画像データから n_E

$$\sigma(x,y) = \left\{ \frac{1}{n_E} \sum_{i=1}^{n_E} \sum_{j=1}^{n_E} \left[D_v(x+i-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2}, y+j-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2}) - \langle D_v(x,y) \rangle \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (19)$$

ただし、注目画素位置を x 、 y とし、 $D_v(x+i-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2}, y+j-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2})$ は局所分散 $\sigma(x,y)$ を計算する $n_E \times n_E$ の画素配列の濃度で、 $\langle D_v(x,y) \rangle$ はその配

$$\langle D_v(x,y) \rangle = \frac{1}{n_E} \sum_{i=1}^{n_E} \sum_{j=1}^{n_E} D_v(x+i-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2}, y+j-\frac{n_E}{2}-\frac{1}{2}) \quad (20)$$

である。

【0048】原画像データ $I_0(x,y)$ から、上記式(19)に示した局所分散 $\sigma(x,y)$ を計算し、被写体画

$$E_0(x,y) = 1 - \exp[-\sigma(x,y)/a_E] \quad (21)$$

ただし、 a_E は局所分散 $\sigma(x,y)$ の値をエッジ強度に変換する際の係数であって、エッジ強度 $E_0 = 0.5$ に割

$$a_E = -\sigma_T / \log_e(0.5) \quad (22)$$

前処理による濃度変換を行う。このような前処理を行うのは、カラー画像データを構成するR画像データとG画像データとB画像データで相関のないノイズを減少させ以降で行うエッジ検出の際の精度を向上するためである。すなわち、式(17)に示したように、原画像データ $I_0(x,y)$ のR、G、Bの3色の濃度値 D_R 、 D_G 、 D_B に重み係数 r 、 g 、 b を掛けて視覚濃度(Visual density) D_v に変換する。

数については、視覚で観察したときに目立つ(これは、分光的な視感度分布に対応するという見方もあるが)、すなわち寄与の大きい色の画像データの重み係数が大きいという考えに基づいて最適な値に設定するのが好ましい。一般には、視覚評価実験等に基づいて経験的な重み係数が求められており、下記のような値が一般的な知見として知られている(公知文献としては、野口高史、「心理対応の良い粒状評価法」、日本写真学会誌、57(6)、415(1994)があり、色によって異なるが、下記の比に近い数値が示されている)。

$$(18)$$

$\times n_E$ 画素の配列を移動しつつ、配列内の画像濃度変動を式(19)を用いて、その位置毎の局所的な標準偏差である局所分散 σ を順次注目画素 (x,y) ごとに計算することによって、画像中の被写体エッジの検出を行う。画素配列の大きさ($n_E \times n_E$)は、検出精度および計算負荷を考慮して適宜決めればよいが、例えば 3×3 、あるいは 5×5 程度の大きさを用いるのが好ましい。

【0047】

【数2】

列の平均濃度で、

【数3】

像のエッジ強度 $E_0(x,y)$ を求めるには、下記式(21)のような指数関数で表した式を用いる。

り付ける局所分散 $\sigma(x,y)$ の閾値 σ_T とすると、

である。 σ_T の値は、ノイズと被写体輪郭の信号の大きさによって適切な値にする必要があるが、各色8bit (256階調) のカラー画像では、10~100の範囲の値が好ましい。この変換は、ルックアップテーブルとして作成しておく、変換に要する計算時間を短縮する

$$E_0(x,y) = 1 - \exp\{-[\sigma(x,y)]^2 / a_{E1}^2\} \quad (23)$$

ただし、 a_{E1} は $\sigma(x,y)$ から $E_0(x,y)$ に変換する際の係数で、 $E_0(x,y) = 0.5$ に割り付ける局所分散 σ

$$a_{E1}^2 = -\sigma_T^2 / \log_e(0.5) \quad (24)$$

である。 σ_T の値は、各色8bit (256階調) のカラー画像では、10~100の範囲の値が好ましい。

【0050】また、このエッジ強度データ $E_0(x,y)$

$$E_0(x,y) = \sigma(x,y) / \sigma_{\max} \quad (25)$$

ここで、 σ_{\max} は、局所分散データ $\sigma(x,y)$ の最大値で、 $\sigma(x,y)$ を正規化するための定数である。 σ_{\max} の決定方法は、式(19)で求めた画像全体の局所分散デ

$$\sigma_{\max} = \text{Max}\{\sigma(x,y)\} \quad (26)$$

【0051】また、画像全体から求まる最大値を用いず、画像の一部分、例えば画像の重要被写体のある確率の高い画像の中央部分の特定範囲、あるいは全画像から間引いた画像データ (原画像データの1/4~1/10程度) から上記式(25)や(26)を用いて最大値 σ_{\max} を求めてもよい。この場合、画像中央部分の特定範囲の画像データや間引いた画像データは、画像処理を施して処理画像データを得る前に予め粗い画素密度で得ることのできる各種処理条件調整用原画像データ (プレスキャン画像データ) を用いてもよいし、原画像データから抜き出してもよい。より好ましくは、 σ_{\max} は、局所分散データ $\sigma(x,y)$ を大きい値から順番に並べた際の上位5~10%以内に含まれる値の平均値、例えば上位10%以内に含まれる値の平均値 $\langle \sigma(x,y) \rangle_{\max 10\%}$ を σ_{\max} とし、 $\sigma(x,y)$ がこの σ_{\max} を超える場合、すべて σ_{\max} に置き換える。この場合、平均値は、画像全体の平均値でも、重要被写体が撮影される場合の多い中央部分の所定の範囲の平均値でも、あるいは、間引いた画像データの平均値であってもよい。

【0052】ところで、本発明におけるエッジ検出法としては、上記局所分散方式のエッジ検出法に限定されるわけではなく、他のエッジ検出法も利用可能である。上記局所分散方式以外のエッジ検出法には、一次微分や二次微分に基づく方法があり、それぞれに、更に幾つかの方法がある。まず、空間的な一次微分に基づく方法とし

$$W_E(x,y) = 1 - \alpha_E + \alpha_E \cdot E_0(x,y) \quad (27)$$

$$W_G(x,y) = 1 - W_E(x,y) \quad (28)$$

【0055】ここで、 α_E はエッジ領域とノイズ領域の重み付けを設定する定数であり、オペレータが0以上1以下の任意の値を設定することができる。エッジ領域の重み付け係数 $W_E(x,y)$ は、 $1 - \alpha_E$ 以上1以下の値となり、 $W_E(x,y)$ が大きいほど、その画素位置で被写体のエッジ領域である確率が高いと判断され、 $W_E(x,y)$

ことができる。

【0049】エッジ強度 $E_0(x,y)$ を求める変換式としては、上記式に限定されるものではなく、他の式を用いることもできる。たとえば、下記式のようなガウシアン型の関数を用いてもよい。

$$(x,y) \text{ の間値を } \sigma_T \text{ とすると、}$$

は、以下に示す式(25)のように、最大の局所分散データ σ_{\max} で正規化され、0以上1以下の正規化されたエッジ強度データ $E_0(x,y)$ を得てもよい。

ータ $\sigma(x,y)$ から下記式(26)のように最大値を求める。

ては、下記の2つのオペレータがある。差分型エッジ抽出オペレータとして、Prewittのオペレータ、Sobelのオペレータ、Robertsのオペレータなどがある。Robertsのオペレータは下記式で表わすことができる。

$$g(i,j) = \{ [f(i,j) - f(i+1,j+1)]^2 + [f(i+1,j) - f(i,j+1)]^2 \}^{1/2}$$

テンプレート型オペレータとして、8方向のエッジパターンに相当する3×3テンプレートを用いるRobinsonのオペレータやKirshのオペレータがある。次に、空間的な二次微分に基づく方法としては、ラプラシアンを用いた方法がある。この場合、雑音を強調してしまうので、先ず正規分布型のぼかし処理をしてからエッジ検出する方法が良く用いられる。

【0053】図4(e)には、図4(a)に示す原画像データ I_0 からエッジ検出工程で求められたエッジ強度データ E_0 の波形を示している。図4(a)に示すエッジ強度データ E_0 において、領域 E_1 および E_2 の付近でエッジ強度データ E_0 の値が大きくなっていることがわかる。

【0054】次に、ノイズ領域重み付け係数の計算工程 (ステップ108) を説明する。エッジ検出工程 (ステップ106) で得られるエッジ強度データ $E_0(x,y)$ を用いて、下記式(27)に従って、エッジ領域の重み付け係数 $W_E(x,y)$ を求めた後、ノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x,y)$ を、下記式(28)に従って求める。

が小さいほど、その画素位置でノイズ領域である確率が高いと判断される。正規化されたエッジ強度データ $E_0(x,y)$ の値が1.0に近いエッジ領域では、 α_E の値にかかわらずエッジ領域の重み付け係数 $W_E(x,y)$ が1.0に近い大きい値となり、ノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x,y)$ は最も小さくなる。一方、正規化されたエッジ

強度データ $E_0(x, y)$ が 1.0 より小さくなるに連れ、エッジ領域の重み付け係数 $W_E(x, y)$ は最小値 $1 - \alpha_E$ に近づき、ノイズ領域の重み付けデータ $W_G(x, y)$ は最大値 α_E に近づく。このような α_E は一定の値にデフォルト値として予め設定しておき、オペレータがこのデフォルト値によって画像処理された処理画像を見ながら α_E の値を必要に応じて調整するようにしてもよい。なお、 α_E が 1 の場合、正規化されたエッジ強度データ $E_0(x, y)$ 自身がエッジ領域の重み付け係数 $W_E(x, y)$ となり、 $1.0 - E_0(x, y)$ がノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ となる。

【0056】図 4 (f) には、図 4 (e) で示されるエッジ強度データから求まるノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ の波形を示している。領域 E_1 および E_2 の付

$$G_0(x, y) = \Delta I_{EG}(x, y) \times W_G(x, y) \quad (29)$$

図 4 (g) には、図 4 (d) に示される混在成分 $\Delta I_{EG}(x, y)$ と図 4 (f) に示されるノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ を乗算して得られるノイズデータ $G_0(x, y)$ のプロファイル波形が示され、エッジ成分が支配的な領域 E_1 や領域 E_2 のエッジの信号成分が除去されていることがわかる。

【0058】次に、ノイズモトル抑制分布演算工程 (ス

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

すなわち、 $s(x, y) = \exp(-(x^2 + y^2)^{(1/2)}/a)$ と表される。

【0059】ここで、上式 (1) 中の a は、原画像の画素におけるノイズ抑制の広がり範囲を調整する抑制範囲定数であり、予め与えられ、あるいは入力により設定される。抑制範囲定数 a が入力により設定される場合、

$$a = -r_s / \log(s_{min}) \quad (30)$$

【0060】ここで、 s_{min} の値は 0.1 以上 0.5 以下であるのが好ましく、抑制距離 r_s の値は 1 以上 15 以下の範囲の値であることが好ましい。特に、フィルムに記録された画像をスキャナ等で読み込んで原画像データを得る場合、抑制距離 r_s の値の設定は、フィルムフォーマット (フィルムの 1 コマの画像サイズ) やフィルムの種類や感度によって異なるフィルムの粒状 (粒状モトル) の粗さ、およびフィルムを走査してデジタル画像データを得るスキャナの走査アパーチャサイズに応じて適宜変更することが好ましい。すなわち、粗い粒状 (粒状モトルも大きい) の場合、抑制距離 r_s の値を大きくし、逆に細かい粒状の場合、抑制距離 r_s の値を小さくする。また、スキャナの走査アパーチャサイズに応じて適宜変更するのは、同じフィルムであっても、スキャナの走査アパーチャが $15 \mu\text{m}$ の場合と $10 \mu\text{m}$ とした場合、抑制範囲定数 a の値が同じでも、実際の画像密度が 1.5 倍、 $10 \mu\text{m}$ の方の画像の画素密度が

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

ここで、 r は、ノイズ抑制の広がり範囲の中心位置からの距離である。この場合、抑制範囲定数 a は、抑制距離 r_s 、

近でノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ の値が小さくなっている。なお、領域 E_1 および E_2 の付近におけるノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ の値は上記式 (27) で設定されるエッジ領域とノイズ領域の重み付けを設定する定数 α_E によって定まる。

【0057】次に、ノイズデータの識別・分離工程 (ステップ 110) について説明する。エッジ・ノイズ混在成分の抽出工程 (ステップ 104) で得られたシャープネス強調されたエッジ成分およびノイズ成分の混在する混在成分 $\Delta I_{EG}(x, y)$ は、下記式 (29) で示されるように、ノイズ重み付け係数計算工程 (ステップ 108) で得られたノイズ領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ を乗算して、ノイズデータ $G_0(x, y)$ を求める。

ステップ 112) について説明する。まず、原画像のノイズ領域の画素におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 $s(r)$ を式 (1) のように設定する。ここで r は、点 P をノイズ抑制の広がり範囲の中心位置 (原点) とする座標 (x, y) に位置する注目画素の原点 P からの距離である。

ノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置、すなわち抑制距離 r_s とこの位置での値 s_{min} を定めることによって設定される。すなわち、抑制距離 r_s での値 s_{min} から下記式 (30) によって抑制範囲定数 a を計算して求める。

高くなり、粒状の粗さが変化するためである。

【0061】また、この抑制距離 r_s は、平滑化工程 (ステップ 102) における平均化のマスクサイズを大きくするとステップ 110 で得られるノイズデータ G_0 に含まれるノイズモトルの成分も大きくぼけて広がるため、このノイズモトルの成分を抑制するために抑制距離 r_s を大きくする必要がある。それゆえ、平滑化工程 (ステップ 102) における平均化のためのマスクサイズに応じて、抑制距離 r_s も適宜変更するとよい。平滑化工程における平均化のためのマスクサイズは、3 画素 \times 3 画素程度を最小マスクサイズとし、11 画素 \times 11 画素程度を最大マスクサイズとするが、抑制範囲定数 a は、このマスクサイズより 1.5 倍 \sim 2 倍程度大きめの値とし、例えば、マスクサイズが 3×3 の場合、抑制距離 r_s の値を 5 程度とするのが好ましい。

【0062】このようなノイズ抑制分布関数 $s(r)$ として式 (2) のような関数を設定してもよい。

とその位置での値 s_{min} を用いて下記式 (31) によって求める。

$$a = r_s / [- \log (S_{\min})]^{(1/2)} \quad (31)$$

あるいは、ノイズ抑制分布関数 $s(r)$ として下記式

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、 $\text{rect}(r/a)$ は、値が1の矩形関数であり、 r は、ノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離である。この場合、抑制範囲定数 a は、設定する抑制距離 r_s とする。また式(2)や式(3)において $s_{\min} = 1$ とすることで式(1)と同一のノイズ抑制分布関数

$$s_1(x,y) = s(x,y) / S \quad (32)$$

ここで、 S は、下記式(33)によって求まる積分値である。

$$S = \int_{-rs}^{rs} \int_{-rs}^{rs} S(x,y) dx dy \quad (33)$$

図4(h)には、式(1)を用いて得られるノイズ抑制分布関数 $s(x,y)$ を式(33)に従って正規化したノイズ抑制分布関数 $s_1(x,y)$ の一例が示される。

【0064】次に、この正規化されたノイズ抑制分布関数 $s_1(x,y)$ とノイズデータ $G_0(x,y)$ とを用い、下記式

$$M(x,y) = \left| \int_{-rs}^{rs} \int_{-rs}^{rs} G_0(x-\xi, y-\eta) \cdot s_1(\xi, \eta) d\xi d\eta \right| \quad (34)$$

ここで算出するノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ は、ある注目画素位置 (x,y) におけるノイズの、他の画素から受ける抑制の程度を畳み込み積分によって求めるものであって、原画像データ I_0 がフィルム画像からスキャナ等で読み取られた画像データである場合の、フィルム感光層中のハロゲン化銀粒子の現像時に生成される現像抑制物質の拡散分布に相当するもので、ノイズデータ G_0 の変動を感光材料の粒子の分布と見なして、原画像データ I_0 に含まれる、感光材料の銀粒子を中心に生成される現像抑制物質の拡散分布に相当するノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を求めるものである。

【0065】図4に示す例で説明すると、図4(g)に示されるノイズデータ G_0 と図4(h)に示されるノイズ抑制分布関数 $s_1(x,y)$ を用い、式(34)に従って算出することで、図4(i)に示されるようなノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を得る。図4(i)では、図中領域Aや領域Bや領域Cに示される部分でノイズモトル抑制分布の値が大きくなり、この領域A、領域Bおよび領域Cの部分では、銀塩感光材料の場合、銀塩感光材料で生成される現像抑制物質の濃度が高くなっていることを意味するものである。このようにしてノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ が算出される。

$s(r)$ を得ることができる。

【0063】このようなノイズ抑制分布関数 $s(r)$ は、下記式(32)に従って、0以上1以下のノイズ抑制分布関数 $s_1(x,y)$ に正規化される。

【数4】

(34)のようにノイズ抑制の及ぼす範囲において畳み込み積分を行い、ノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を算出する。

【数5】

【0066】次に、ノイズモトル抑制成分演算工程(ステップ114)を説明する。ノイズモトル抑制成分演算工程では、ステップ112で演算されて算出されたノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を下記式(35)で示すように、ステップ110で求めたノイズデータ G_0 に乗算することで、ノイズ抑制成分画像データ $G_1(x,y)$ を演算する。

$$G_1(x,y) = G_0(x,y) \times M(x,y) \quad (35)$$

値が相対的に大きくなっていることがわかる。

【0068】最後に、ノイズ抑制画像演算工程(ステップ116)について説明する。ノイズ抑制画像演算工程では、ステップ114で求めたノイズ抑制成分画像データ $G_1(x,y)$ を、下記式(36)で示すように、ノイズ抑制係数 α を用いて変倍した後、ステップ100で求めたシャープネス強調画像データ I_s から減算し処理画像データ I_1' を求める。

$$I_1'(x,y) = I_0(x,y) - \alpha \times G_1(x,y) \quad (36)$$

ここで、ノイズ抑制係数 α は、ノイズ抑制の程度を制御する設定可能なパラメータであり、適宜設定入力され

る。あるいは、予めデフォルト設定値を設け、必要に応じて変更するものであってもよい。その後、画像出力装

置16に適した画像データの変換を行って処理画像データ I_1' から処理画像データ I_1 を得る。

【0069】図4に示す例では、図4(k)に示すような処理画像データ I_1' のプロファイル波形を得ることができ、領域Aや領域Bや領域C等のノイズモトルの領域ではノイズが大きく除去され、それ以外のノイズ領域でもノイズが適切に除去されていることがわかる。しかも、図4(a)に示される原画像データ I_0 と比較して、領域 E_1 や領域 E_2 のエッジ領域はシャープネス強調されている。

【0070】上記画像処理方法は、写真感光材料等における粒状成分のように、粒状成分が一定の画素領域に影響を及ぼす、すなわち、粒状成分が他の画素の粒状成分に影響を及ぼす場合、粒状抑制のための画像処理として有効であるが、また、上記画像処理方法は、他の画素のノイズ成分の影響を受けないCCDやMOS撮像素子等を利用するデジタルカメラ等においても、他の画素の画像データを利用して傷欠陥補正等を行うことから、効果的に適用することができる。CCD撮像素子としては、特開平10-136391号に記載のハニカム配列のものにも適用される。

【0071】なお、ノイズ抑制のための画像処理方法として、特開平11-250246号公報では、画像のエッジ強度から求めた圧縮係数をノイズ成分に乗じてノイズを抑制する方法が提案されているが、ノイズ領域では一定の圧縮係数が掛かるのでノイズの振幅が比例的に圧縮される。また、ノイズの振幅が大きくなる程圧縮率が高くなる圧縮係数を採用することで、すなわち、ノイズの揺らぎの大きさ(振幅)に非線形変換を施すことで、ノイズの揺らぎを上記公報に記載される画像処理方法より均一な方向にすることもできる。しかし、本発明の画像処理方法は、上記2つの方法のようにノイズの振幅に対して抑制処理を施すのと異なり、ノイズモトルのようにノイズ成分の揺らぎが空間的に大きく形成されるノイズ領域、例えば図4(a)で示される領域Aや領域Bや領域Cに対してノイズ抑制を施す処理であり、ノイズの揺らぎが大きい場所でより大きく抑制し、ノイズの揺らぎを均一化することができる。

【0072】本発明の画像処理方法は以上のように説明される。このような画像処理方法は、回路やハードウェアから成る上述した画像処理装置として構成してもよいし、あるいは、ソフトウェアとしてコンピュータの中で機能を発揮するようなプログラムであってもよく、この場合、上記方法を実行するためのプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体、CD-ROM等として提供するものであってもよい。

【0073】このような本発明の画像処理方法を、銀塩カラー写真、例えば35mmカラーネガフィルムに撮影した写真画像に適用したところ、粒状とシャープネスともに、一見して判る程の顕著な改善効果を得ることがで

きた。特に、粒状について感光材料の微粒子化による粒状改良に匹敵する処理効果を持つため、従来の平均化や揺らぎの減少に基づく各種の粒状除去処理法の欠点であった「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がなくなった。また、シャープネスについては、上記粒状抑制と組み合わせることにより、粒状を悪化させずに、従来のアンシャープネスマスクやラブラシアンフィルタより大幅な強調効果が得られた。また、デジタルスチルカメラで撮影した画像にも適用したところ、上記銀塩カラー写真によるカラー画像と同様に顕著な画質向上効果が得られた。

【0074】以上、本発明の画像処理方法、画像処理装置および記録媒体について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

【0075】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、先ず原画像をシャープネス強調することによって、被写体画像とノイズの双方を鮮鋭化しておき、その画像から被写体輪郭とノイズ成分を抽出し、ノイズ成分を選択的に除去するので、ノイズがぼけて視覚的に不快に見える大きなむら形成せず、コントラストの低い画像信号をノイズと誤認することもなく、ノイズ除去領域とシャープネス強調領域の境界に不自然なアーチファクトも形成しない。さらに、ノイズ成分の濃度揺らぎが空間的に粗い領域を抽出し選択的に大きく除去することによってノイズ成分を抑制しているので、ノイズモトル等のような大きく粗いノイズ成分を処理画像が含むことも少なく(濃度揺らぎが小さい)、従って、濃度揺らぎが均一化され、空間的にも細かいノイズにすることができ、視覚的にも自然なノイズの抑制を実現することができる。

【0076】また、本発明によると、ノイズが粒状である場合、粒状はシャープネス強調され、かつ、空間的に揺らぎの大きい粒状モトル等の粒状成分が除去・抑制され、粒状パターンが微細化、均一化されるので、銀塩写真の感光材料では微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状となり、平滑化を用いた従来法の欠点であるぼけ粒状のような視覚的な違和感や不快感の無い自然な粒状抑制効果が得られる。また、本発明の画像処理方法を銀塩カラー写真感光材料に適用することにより、従来の粒状抑制処理方法の欠点であった、いわゆる「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がなく、粒状が改善され、極めて顕著な改善効果を得ることができ、産業上大きな効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー写真画像を読み取り、ノイズ抑制とシャープネス強調の画像処理を行い、出力装置でカラー画像を出力するシステムの一実施例を示すブロック図である。

【図2】 本発明に係る画像処理装置の、ノイズ抑制とシャープネス強調の画像処理を行う画像処理部の一実施例を示すブロック図である。

【図3】 本発明の画像処理方法の一実施例を示すブロック図である。

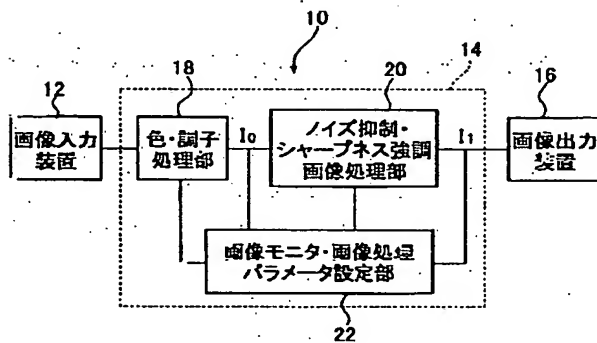
【図4】 (a)～(k)は、本発明の画像処理方法によって画像データが処理される一例を示す図である。

【符号の説明】

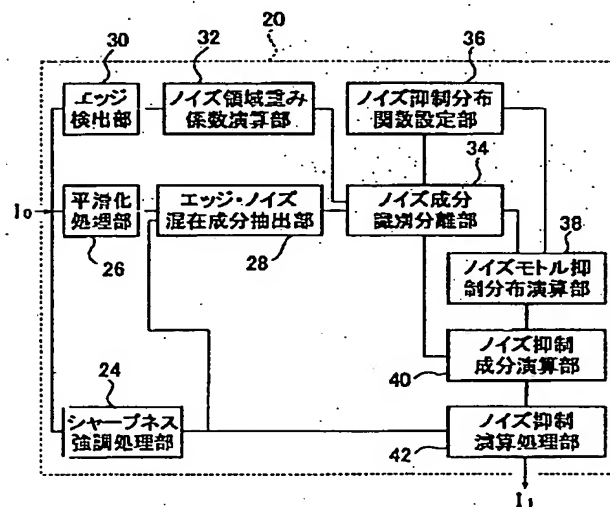
- 10 カラー画像再生システム
- 12 画像入力装置
- 14 画像処理装置
- 16 画像出力装置

- 18 色・調子処理部
- 20 ノイズ抑制画像処理部
- 22 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 26 平滑化処理部
- 28 エッジ・ノイズ混在成分抽出部
- 30 エッジ検出部
- 32 ノイズ領域重み係数演算部
- 34 ノイズ成分識別分離部
- 36 ノイズ抑制分布関数設定部
- 38 ノイズモトル抑制分布演算部
- 40 ノイズ抑制成分演算部
- 42 ノイズ抑制演算処理部

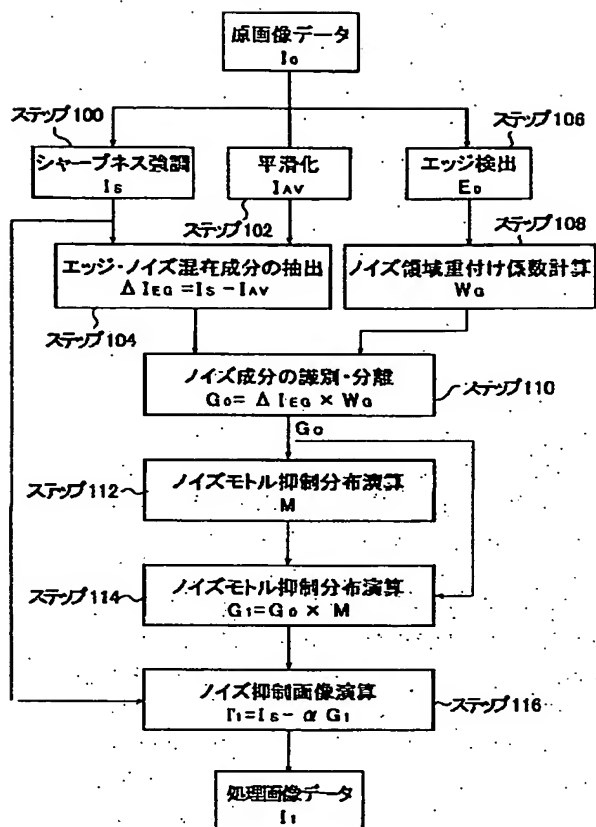
【図1】



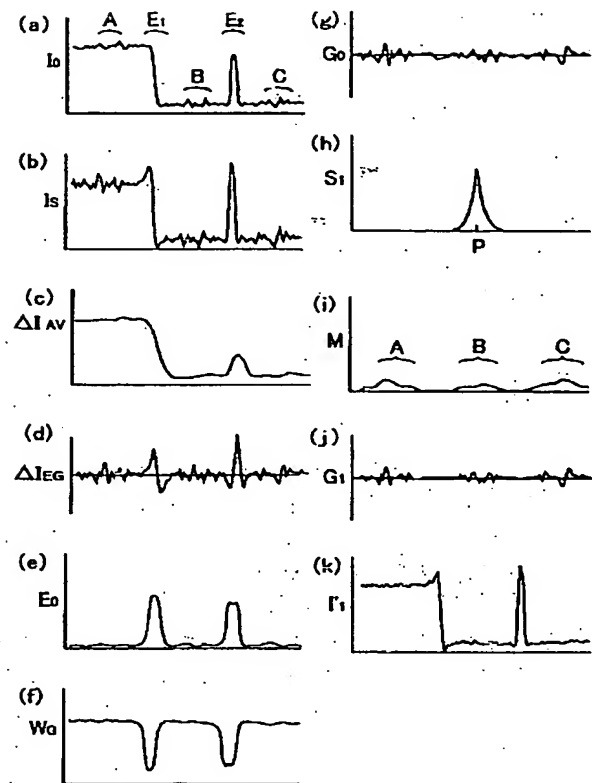
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

H04N 5/21

識別記号

F I

G06F 15/68

H04N 1/40

(参考)

405

101D

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01
 CB08 CB12 CB16 CE02 CE03
 CE05 DA20 DC16 DC19 DC32
 5C021 PA73 RA02 RA06 XB02 XB03
 YA01 YC13 ZA01
 5C077 LL02 PP02 PP03 PP47 PP48
 PQ12 PQ18 TT02 TT06 TT09
 5L096 AA02 AA06 BA20 DA01 EA06
 EA07 EA39 FA06 FA35 GA08
 GA09

Machine translation JP2001285641

(19) **Publication country** Japan Patent Office (JP)
 (12) **Kind of official gazette** Open patent-official report (A)
 (11) **Publication No.** JP,2001-285641,A (P2001-285641A)
 (43) **Date of Publication** October 12, Heisei 13 (2001. 10.12)
 (54) **Title of the Invention** The image-processing approach, an image processing system, and a record medium
 (51) **The 7th edition of International Patent Classification**

H04N 1/409
 G06T 5/20
 5/00 300
 7/60 250
 H04N 5/208
 5/21

FI

G06T 5/00 300
 7/60 250 A
 H04N 5/208
 5/21 B
 1/40 101 C
 G06F 15/68 405
 H04N 1/40 101 D

Request for Examination Un-asking.

The number of claims 8

Mode of Application OL

Number of Pages 16

(21) **Application number** Application for patent 2000-98922 (P2000-98922)

(22) **Filing date** March 31, Heisei 12 (2000. 3.31)

(71) **Applicant**

Identification Number 000005201

Name Fuji Photo Film Co., Ltd.

Address 210, Nakanuma, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa-ken

(72) **Inventor(s)**

Name Nagao Kimitoshi

Address 210, Nakanuma, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa-ken A Fuji Photo Film stock meeting in the company

(74) **Attorney**

Identification Number 100080159

Patent Attorney

Name Watanabe ****

Theme code (reference)

5B057
 5C021
 5C077
 5L096

F term (reference)

5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01 CB08 CB12 CB16 CE02 CE03 CE05 DA20 DC16 DC19 DC32
 5C021 PA73 RA02 RA06 XB02 XB03 YA01 YC13 ZA01
 5C077 LL02 PP02 PP03 PP47 PP48 PQ12 PQ18 TT02 TT06 TT09
 5L096 AA02 AA06 BA20 DA01 EA06 EA07 EA39 FA06 FA35 GA08 GA09

(57) Abstract

Technical problem Unpleasant unevenness, unnatural artifact, etc. by the noise are not produced, a noise is controlled, and the image-processing approach for noise control of the digital image which emphasizes sharpness, equipment, and a record medium are offered a technical problem.

Means for Solution Sharpness emphasis, smoothing, and edge detection are performed to subject-copy image data. It asks for the mixture image data of the edge of a photographic subject, and a noise from the obtained sharpness emphasis image data and smoothing image data. The weighting multiplier of a noise is obtained from the edge data on the strength for which it asked by edge detection. It asks for noise data from this weighting multiplier and said mixture image data. On the other hand Set up the noise control distribution function showing the breadth of noise control, perform the convolution integral of this function and the above-mentioned noise data, and noise control distribution is computed. Said technical problem is solved by hanging the above-mentioned noise data on this noise control distribution, asking for a noise control component, carrying out variable power of this component, subtracting from sharpness emphasis image data, and obtaining processing image data.

Claim(s)

Claim 1 Perform sharpness emphasis processing to subject-copy image data, and the sharpness emphasis image data which made sharp the noise contained in this image with an image is created. Perform data smoothing to said subject-copy image data, create smoothing image data, and said smoothing image data is subtracted from said sharpness emphasis image data. The mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled is created. It asks for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field. It asks for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from this edge data on the strength. Multiply said mixture image data by the weighting multiplier of said noise field, and it is asked for noise data. The noise control distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data is set up. By performing the convolution integral of said noise data and this noise control distribution function, searching for noise control distribution, and carrying out the multiplication of said noise control distribution to said noise data By computing noise control component image data, carrying out variable power of said noise control component image data, and subtracting it from said sharpness emphasis image data The image-processing approach for noise control of the digital image characterized by creating the image which controlled selectively the noise component in the noise field of a subject-copy image.

Claim 2 Said noise control distribution function is the image-processing approach according to claim 1 which is the monotonically decreasing function to which a value becomes small as a value is max and separates from this center position in the center position of the breadth of the noise control in the pixel of a subject-copy image.

Claim 3 Said noise control distribution function is the image-processing approach according to claim 1 which is the boxcar function which has a fixed value in the range which does the noise control in the pixel of a subject-copy image.

Claim 4 The range which does said noise control in the pixel of a subject-copy image of said noise control distribution function is the image-processing approach according to claim 2 or 3 which is the field of or more 1 15 or less range in the number of pixels.

Claim 5 Said noise control distribution function is the image-processing approach according to claim 2 to 4 set up by defining the value in the bordering location and this bordering location of the range which does the noise control in the pixel of a subject-copy image.

Claim 6 Said noise control distribution function is the image-processing approach according to claim 5 which is function $s(r)$ expressed with either of following type (1) - (3) when considering as the distance from the center position of the breadth of noise control in / for r / the pixel of a subject-copy image, and the control range constant which appoints the range of the breadth of noise control in / for a / the pixel of a subject-copy image.

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$

Here, the value of $\text{rect}(r/a)$ of a formula (3) is the boxcar function of 1.

Claim 7 The sharpness emphasis processing section which creates the sharpness emphasis image data which made sharp the noise which performs sharpness emphasis processing to subject-copy image data, and is contained in this image with an image, The data-smoothing section which performs data smoothing to said subject-copy image data, and creates smoothing image data, Said smoothing image data created in said data-smoothing section is subtracted from said sharpness emphasis image data. The edge noise mixture component extract section which creates the mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled, The edge detecting element which asks for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field, The noise field weighting-factor operation part which asks for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from the edge data on the strength for which it asked by this edge detecting element, The noise component discernment separation section which multiplies said mixture image data created in said edge noise mixture component extract section by the weighting multiplier of said noise field for which it asked by said noise field weighting-factor operation part, and asks it for noise data, The noise control distribution function setting-out section which sets up the noise control distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data, The noise control distribution operation part which performs the convolution integral of said noise data for which it asked in said noise component discernment separation section, and said noise control distribution function set up in said noise control distribution function setting-out section, and searches for noise control distribution, By carrying out the multiplication of said noise control distribution searched for in this noise control distribution operation part to said noise data for which it asked in said noise component discernment separation section The noise control component operation part which computes noise control component image data, The image processing system for noise control of the digital image characterized by having the noise control data-processing section which carries out variable power of said noise control component image data computed by said noise control component operation part, subtracts it from said sharpness emphasis image data, and asks for processing image data.

Claim 8 The procedure which creates the sharpness emphasis image data which made sharp the noise which performs sharpness emphasis processing to subject-copy image data, and is contained in this image with an image, The procedure which performs data smoothing to said subject-copy image data, and creates smoothing image data, Said smoothing image data is subtracted from said sharpness emphasis image data. The procedure which creates the mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled, The procedure of asking for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field, The procedure of asking for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from said edge data on the strength, The procedure of multiplying said mixture image data by the weighting multiplier of said noise field, and asking it for noise data, The procedure of setting up the noise control distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data, performing the convolution integral of said noise data and this noise control distribution function, and searching for noise control distribution, The procedure which computes noise control component image data by carrying out the multiplication of said noise control distribution to said noise data, A computer is made to perform the procedure which carries out variable power of said noise control component image data, and subtracts it from said sharpness emphasis image data. The record medium which the computer which recorded the program characterized by creating the image which controlled selectively the noise component in the noise field of a subject-copy image can read.

Detailed Description of the Invention

0001

Field of the Invention This invention relates to the image-processing approach, the equipment, and the record medium of the digital image which controls noise (noise) components including granular ** of a digital image, and carries out sharpness emphasis.

0002

Description of the Prior Art The image processing of the digital image in which the image of a film photo was scanned and mentioned with the image input scanner, and the digital image photoed by the digital still camera etc. is carried out, and in a system which is outputted by the image output printer, the outputted image has large sharpness degradation by the scanner, the camera, and the printer, and in order to recover it, sharpness emphasis by the Laplacian filter or the unsharp mask (USM) is performed from the former. However, since the side effect that noises (noise), such as the shape of a grain, get worse occurred while the sharpness of an image improves, it was difficult to be able to perform only moderate sharpness emphasis within limits by which granular aggravation is permitted in an image with noises, such as the shape of a grain, but to raise image quality more than a manuscript image.

0003 There are troubles -- although some are proposed as the image-processing method for removing the shape of a grain used as a noise in a digital image, and emphasizing sharpness, equalize as an approach of removing the shape of a grain, or since the approach of obscuring is used, the granular pattern which faded is visually sensed unpleasant, or minute photographic subject structure is erased unnaturally -- and it is not suitable for an aesthetic image like a photograph.

0004 In images, such as a photograph, printing, television, and various copying machines, in order to recover the noise (noise) and sharpness degradation which are added in case manuscript images, such as the shape of a grain of a proper, sharpness degradation or a photograph, and printing, are digitized by the picture input device to sharpness degradation by the optical system of a camera etc., and photosensitive material, a noise is controlled or various approaches are devised as the image-processing method for emphasizing sharpness. For example, by the conventional image-processing approach, the approach of smoothing or coring is used as a granular clearance art, and processing by the unsharp mask (USM; Unsharp Masking), or Laplacian or a high-pass filter is used as a sharpness emphasis approach. However, in these conventional granular clearance arts, Artie FAKUTO which has unnatural sense of incongruity when the shape of a grain is controlled arose, and it had the fault of both controlling the fine structure of the image which must not be controlled originally, as it is granular which is not desirable.

0005 For example, a ***** No. 500311 57 to official report, a 57-500354 official report, and the "digital emphasis approach of a photograph that the shape of a grain is conspicuous in Anh Sharp", The electronic image-processing international minutes, July, 1982, The 179-183rd page (P.) G.Powell and B.E.Bayer and "A Method for the Digital Enhancement of Unsharp, Grainy Photographic Images", and Proceedingus of the International Conference on Electronic Image Processing and Jul.26- in the approach of 28, 1982, POWERU indicated by pp.179-183, and buyers The approach by the unsharp mask (high-pass filter) is used as the sharpness emphasis approach, using a data-smoothing method (low pass filter) as the granular control approach. By multiplying the signal value of a nxn pixel by weighting, such as a Gaussian mold, and graduating a signal, data smoothing is processing which controls the shape of a grain. Sharpness emphasis processing calculates the differential value of the direction of a main pixel to a perimeter pixel using the picture signal of a mxm pixel first, and when smaller than the threshold which the value set up, it is regarded as the shape of a grain, or a noise, and the sum of a larger differential value than the threshold which removed and remained by coring processing is taken, and sharpness emphasis is performed by multiplying by 1.0 or more constants and adding to the above-mentioned smoothing signal.

0006 In this approach, in order for the large unevenness pattern which consists of a big cluster (granular mottle) of the particle which constitutes the shape of a grain to be visually conspicuous although the shade contrast of a granular pattern falls since the granular pattern is obscured, there is an unpleasant fault that it is visible as granular. Moreover, by that which is identifying the image with the set-up threshold as it is granular (coring processing), granular misconception of the low picture signal of contrast is carried out, it will be controlled removed with the shape of a grain, or discontinuity arises on a boundary with the picture signal emphasized as the removed signal, and there is a fault that an unnatural artifact is looked at by the image. This fault appears in the image with which textures, such as detailed images, such as grass and a carpet, and cloth, are described especially, and it becomes the artifact which is not visual very unnatural and desirable.

0007

Problem(s) to be Solved by the Invention by the way, by the conventional granular control and sharpness emphasis image-processing approach mentioned above Emphasize sharpness by

the unsharp mask and a granular (noise) signal and a profile signal are separated from a subject-copy image with signal level using the technique which obscures the shape of a grain or is controlled by smoothing. Since it considers that a small signal is granular and it is processed by a profile signal's carrying out sharpness emphasis and carrying out granular control of the smooth field Picture signals, such as a texture of grain-like signal level and a near image details signal, i.e., clothing, and the hair, were both controlled as it is granular, and there was a problem that there was a fault which serves as an unpleasant image visually as an artifact of an image processing. Namely, although the granular pattern ("granular fade and ") which has obscured the image, using equalization as the approach of granular control, and faded appears in such a conventional method as if it became small as fluctuation of the concentration in an image and the shape of a grain became good Conversely, although the amount of concentration fluctuation was small, the granular pattern which faded and spread has been visually recognized to be an unpleasant pattern, and it had the problem that it was conspicuous especially with uniform photographic subjects, such as faces and the skins, such as a portrait photograph, or a wall, and empty.

0008 moreover, in the conventional method which separates a granular (noise, noise) field and a profile field from a subject-copy image with signal level By fading with a subject-copy image, discriminating a profile field and a flat field from the differential signal of an image, and processing using a multiplier which is Laplacian / an unsharp mask, different to each field Although granular control was carried out in the profile field in the flat field, without having emphasized sharpness and obscuring an edge, controlling the shape of a grain, since recognition and separation of a profile field and a granular field were uniformly performed with the signal level used as a threshold, there was a problem that discontinuity arose on the boundary. Furthermore, in such a conventional method, although an unsharp mask and Laplacian were used as edge enhancement or the sharpness emphasis approach, it was easy to generate a burster trimmer stacker feature like the Mackie line in the profile and the edge section of an image, and there was a problem of giving an unnatural impression visually. The problem about control and sharpness emphasis of the shape of such a grain etc. of a noise is generated as control of various noises including a shot noise or an electric noise, and a problem of sharpness emphasis, also in case an image is photoed not by the problem peculiar to a film photo but by a digital still camera etc.

0009 This invention is made in view of the actual condition of the above-mentioned conventional technique, and is set in images, such as a film photo, a digital still camera image, printing, television, and various copying machines. It is based on a camera and fades. In manuscript images, such as the shape of a grain of photosensitive material, and dotage, the noise (noise) of a proper, and sharpness degradation, Or in case processing which recovers the shot noise at the time of taking a photograph by the noise and digital still camera which are added in case the manuscript image is digitized by the picture input device, and sharpness degradation is performed The trouble that a noise fades and large unevenness looks unpleasant visually if the trouble of the above-mentioned conventional technique, i.e., the noise by smoothing, is controlled, The trouble that the low picture signal of contrast is taken for a grain or a noise, and is controlled or removed, The ** which does not produce the trouble that the boundary of a noise rejection field and a sharpness emphasis field becomes discontinuous, and an unnatural artifact is looked at by the image, A noise is controlled and it aims at offering the record medium which the computer which enforces the image processing system which carries out the image-processing approach of a digital image and this which perform sharpness emphasis of an image, and this approach can read.

0010

Means for Solving the Problem In order to attain the above-mentioned object, this invention performs sharpness emphasis processing to subject-copy image data. The sharpness emphasis image data which made sharp the noise contained in this image with an image is created. Perform data smoothing to said subject-copy image data, create smoothing image data, and said smoothing image data is subtracted from said sharpness emphasis image data. The mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled is created. It asks for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field. It asks for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from this edge data on the strength. Multiply said mixture image data by the weighting multiplier of said noise field, and it is asked for noise data. The noise control

distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data is set up. By performing the convolution integral of said noise data and this noise control distribution function, searching for noise control distribution, and carrying out the multiplication of said noise control distribution to said noise data. By computing noise control component image data, carrying out variable power of said noise control component image data, and subtracting it from said sharpness emphasis image data. The image-processing approach for noise control of the digital image characterized by creating the image which controlled selectively the noise component in the noise field of a subject-copy image is offered.

0011 It is desirable that it is the monotonically decreasing function to which a value becomes small as a value is max and separates from this center position in the center position of the breadth of noise control in / here / in said noise control distribution function / the pixel of a subject-copy image, or as for said noise control distribution function, it is desirable that it is the boxcar function which has a fixed value in the range which does the noise control in the pixel of a subject-copy image.

0012 Moreover, as for the range which does said noise control in the pixel of a subject-copy image of said noise control distribution function, it is desirable that it is the field of or more 1 15 or less range in the number of pixels, and it is said noise control distribution function desirable to be set up by defining the value in the bordering location and this bordering location of the range which does the noise control in the pixel of a subject-copy image.

0013 When making it into the distance from the center position of the breadth of noise control in / for r / the pixel of a subject-copy image, and the control range constant which appoints the range of the breadth of noise control in / for a / the pixel of a subject-copy image, as for said noise control distribution function, it is desirable that it is function $s(r)$ expressed with the following formula (1). $s(r) = \exp(-r/a)$ (1)

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

Here, the value of $\text{rect}(r/a)$ of a formula (3) is the boxcar function of 1.

0014 In order to attain the above-mentioned object, furthermore, this invention. The sharpness emphasis processing section which creates the sharpness emphasis image data which made sharp the noise which performs sharpness emphasis processing to subject-copy image data, and is contained in this image with an image, The data-smoothing section which performs data smoothing to said subject-copy image data, and creates smoothing image data, Said smoothing image data created in said data-smoothing section is subtracted from said sharpness emphasis image data. The edge noise mixture component extract section which creates the mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled, The edge detecting element which asks for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field, The noise field weighting-factor operation part which asks for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from the edge data on the strength for which it asked by this edge detecting element, The noise component discernment separation section which multiplies said mixture image data created in said edge noise mixture component extract section by the weighting multiplier of said noise field for which it asked by said noise field weighting-factor operation part, and asks it for noise data, The noise control distribution function setting-out section which sets up the noise control distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data, The noise control distribution operation part which performs the convolution integral of said noise data for which it asked in said noise component discernment separation section, and said noise control distribution function set up in said noise control distribution function setting-out section, and searches for noise control distribution, By carrying out the multiplication of said noise control distribution searched for in this noise control distribution operation part to said noise data for which it asked in said noise component discernment separation section. The noise control component operation part which computes noise control component image data, Variable power of said noise control component image data computed by said noise control component operation part from said sharpness emphasis image data is carried out. The image processing system for noise control of the digital image characterized by having the noise control data-processing section which subtracts and asks for processing image data is offered.

0015 In order to attain the above-mentioned object, moreover, this invention. The procedure which creates the sharpness emphasis image data which made sharp the noise which performs sharpness emphasis processing to subject-copy image data, and is contained in this image with

an image, The procedure which performs data smoothing to said subject-copy image data, and creates smoothing image data, Said smoothing image data is subtracted from said sharpness emphasis image data. The procedure which creates the mixture image data in which the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge of the photographic subject image by which sharpness emphasis was carried out is intermingled, The procedure of asking for the edge data on the strength for performing edge detection from said subject-copy image data, and identifying a photographic subject edge field and a noise field, The procedure of asking for the weighting multiplier of the noise field which shows the degree of a noise field from said edge data on the strength, The procedure of multiplying said mixture image data by the weighting multiplier of said noise field, and asking it for noise data, The procedure of setting up the noise control distribution function showing the breadth of the noise control in said subject-copy image data, performing the convolution integral of said noise data and this noise control distribution function, and searching for noise control distribution, The procedure which computes noise control component image data by carrying out the multiplication of said noise control distribution to said noise data, A computer is made to perform the procedure which carries out variable power of said noise control component image data, and subtracts it from said sharpness emphasis image data. The record medium which the computer which recorded the program characterized by creating the image which controlled selectively the noise component in the noise field of a subject-copy image can read is offered.

0016 The noise contained in the image data obtained using an image sensor and the various camera tubes, such as CCD, such as a digital still camera, and MOS, without using not only the shape of a grain resulting from the particle of sensitization material but the silver salt sensitive material contained in the image data which reads the photographic film using silver salt sensitive material etc. using a film scanner, and is obtained with the above-mentioned noise here is also included widely:

0017 The above-mentioned invention detects an edge from - subject-copy image, ask for edge reinforcement, and it is considered that the field where edge reinforcement is weak is a noise field. By computing the weighting multiplier of the noise field for dividing a noise field from an edge field, creating a sharpness emphasis image and a smoothing image from - subject-copy image, and subtracting a smoothing image from a sharpness emphasis image It asks for the mixture component of the noise by which sharpness emphasis was carried out with the edge by which sharpness emphasis was carried out. - From the noise component which carried out the multiplication of the weighting multiplier of a noise field to the edge and the mixture component of a noise, and asked for it By searching for noise control distribution using a noise control distribution function, asking for a noise control component from this noise control distribution and the above-mentioned noise component, and subtracting a noise control component from - sharpness emphasis image For example, when subject-copy image data are read in the photographic film using silver salt sensitive material etc. using a film scanner, It is the big cluster of the particle of sensitive material, and in a part with the larger (the shape of a grain is coarse) granular mottle which forms a noise component, the shape of a grain is controlled strongly, and by the part with small granular mottle, the shape of a grain is controlled weakly or it controls. By this, fluctuation of the noise of granular ** can be controlled, it can equalize, and the good image of image quality with which parts which swing greatly spatially, such as granular mottle, were selectively controlled in the noise field of an image can be obtained. When subject-copy image data were photoed using image sensors, such as a digital still camera, and are obtained, Although various noises, such as a noise of the proper of the one-piece one photosensor in photon fluctuation and the image sensor of incident light or thermal noise (noise) generated in an electrical circuit, and a quantization noise, serve as a signal of a pixel unit, or concentration fluctuation and appear in an image Since the part and the dense part of a non-dense arise and form noise mottle as well as the granular mottle of silver salt sensitive material spatially, noise fluctuation By controlling the large place of noise mottle strongly, by controlling weakly, the small place of noise mottle can equalize a noise and can obtain the good image of image quality.

0018 That is, by the image-processing approach of noise control of this invention, processing which makes fluctuation of the image concentration by the noise homogeneity small (dispersion in the magnitude of fluctuation is made small) is performed whether a noise component is identified, a coarse large noise is more strongly controlled like the noise mottle in the noise component, and the small thing of a noise is controlled weakly, and by performing processing which is not controlled. as obtain / since data smoothing is not performed for a granular pattern like before, it is not conspicuous and big granular mottle is carried out, when

a noise component is a granular component / when a fine grain emulsion is used with a film photo sensitized material -- fine -- being granular (it being fine, and the amplitude being also small, and spatially, granular) -- it can carry out.

0019

Embodiment of the Invention Hereafter, the image processing system which enforces the image-processing approach of this invention is explained to a detail based on the suitable example shown in an attached drawing. The "noise" in this invention points out a noise at large, as mentioned above. Moreover, although a "noise" only calls it a noise by electronic image pick-up systems, such as a digital still camera, it is common to say that it is granular rather than a noise in silver salt photosensitive material. Therefore, it is subsequent explanation, and when explaining especially silver salt photosensitive material as an example, it changes to a "noise" and uses "it is granular." Moreover, the "noise mottle" mentioned later also contains the granular mottle in silver salt photosensitive material besides in which noise fluctuation forms a dense part spatially in electronic image pick-up systems, such as a digital still camera, noise mottle.

0020 Drawing 1 is a system incorporating the image processing system concerning this invention, and is the block diagram of the color picture regeneration system which reads a color picture, performs the image-processing approach of this invention, and outputs a color picture. Drawing 2 is the block diagram of one example of the image processing system which enforces the image-processing approach concerning this invention. Drawing 3 is a flow chart which shows an example of the processing algorithm of the image-processing approach of this invention. The following explanation explains the image data obtained from a silver salt color photography image as a digital image as an example of representation.

0021 As shown in drawing 1, the color picture regeneration system 10 The picture input device 12 which reads color pictures, such as a color photography image (photography images, such as film images, such as a negative color film and a color reversal film, etc. and a digital camera), and obtains digital input image data, The image processing for noise control of the digital image of this invention and sharpness emphasis is performed to the input image data inputted from a picture input device 12 with a necessary image processing. Processing image data I1 Processing image data I1 outputted from the image processing system 14 to obtain and an image processing system 14 It has the image output unit 16 which is based and outputs color pictures, such as a print image.

0022 The scanner equipment for reflection copies which a picture input device 12 creates digital color picture data, and reads color reflection copy images, such as the film scanner equipment and the print which it is, for example, read color film images, such as a color (or monochrome) negative film and a color (or monochrome) reversal film, and create digital image data, a reflective print image, etc. for outputting as input image data to an image processing system 14, and creates digital image data is mentioned. in addition, the digital camera, electronic "still" camera, and video camera which radiograph a photographic subject and create digital image data in this invention -- or The record medium which stored the digital image data created by these For example, semiconductor memory and FDs, such as SmartMedia, a memory stick, and a PC card, Magneto-optic-recording media and CD-ROMs, such as magnetic-recording media, such as Zip, and MO, MD, The driver which drives optical recording media, such as Photo-CD, etc. and is read as digital image data, The CRT monitor which reads these digital image data and displays a soft copy image, You may be the computers for which carry out the image processing of an indicating equipment and the digital image data displayed or it read, such as a liquid crystal display monitor, on the whole or selectively / PC and WS image processings etc.

0023 The image output unit 16 is the processing image data I1 outputted from an image processing system 14 as final-treatment image data. It is for outputting the based color picture by which color input images, such as a color photography image, were reproduced. The digital photograph printer, copying machine, and electrophotography which output color hard copy images, such as a reflective print image and a reflection copy image, Computers displayed as image output units, such as a digital color printer of various methods, such as a laser beam printer, an ink jet, a heat sublimation mold, and TA, and a soft copy image, such as displays and PCs, such as TV, a CRT monitor, and a liquid crystal display monitor, and WS, can be mentioned.

0024 Since it outputs by the color of the input image data from a picture input device 12, the color of the request of a tune (gradation) to the image output unit 16, and tone reproduction, an image processing system 14 carries out adjustment processing, and it is the subject-copy

image data IO. The color and the tune processing section 18 to create, Subject-copy image data IO processed by this color and tune processing section 18 It is the part of this invention by which it is characterized most. The image-processing approach for noise control of the digital image of this invention and sharpness emphasis is enforced, and it is the processing image data I1. The noise control and the sharpness emphasis image-processing section 20 to create, It has the picture monitor and the image-processing parameter setup section 22 which consists of the image-processing parameter setup section which sets up the parameter for performing the picture monitor which displays a playback image based on the image data to which a color and tune repeatability were adjusted and various necessary image processings, and the image processing of this invention.

0025 A color and the tune processing section 18 perform color conversion or color correction (gray scale conversion or amendment is also included) here so that the color of the input image data inputted from a picture input device 12 and the repeatability of a tune (gradation) may be reproduced proper in the image output unit 16. Subject-copy image data IO for enforcing the image-processing approach of this invention As processing which creates and is performed here. For example, various processings of color (gray) conversion, amendment, gradation amendment, concentration (brightness) amendment, saturation amendment, scale-factor conversion, compression, expanding of a concentration dynamic range, etc., etc. can be mentioned.

0026 A picture monitor and the image-processing parameter setup section 22 While displaying an input image based on the input image data which consisted of a picture monitor and the image-processing parameter setup section, and was inputted into the picture monitor from the picture input device 12 This picture monitor is used (for example, by GUI etc.). It is for setting up with data input machines which do not illustrate the parameter of various kinds of image processings performed to input image data in the noise control image-processing section 20 for enforcing the image-processing approach of a color, the tune processing section 18, and this invention, such as a mouse and a keyboard. Here, the parameter set up can mention various multipliers, constants, etc. which are needed when enforcing the image-processing approach of this invention explained to a detail to the correction factor used for various kinds of processings mentioned above, a transform coefficient, a scale factor, etc. and the back.

0027 The noise control image-processing section (only henceforth this image-processing section) 20 which enforces the image-processing approach of this invention is the subject-copy image data IO created in a color and the tune processing section 18. Processing image data I1 which is final-treatment image data for performing the noise control by which it is characterized of this invention, and the image processing of sharpness emphasis, and outputting to the image output unit 16 It is for creating.

0028 Here, this image-processing section 20 is the subject-copy image data IO, as shown in drawing 2. Sharpness emphasis processing is performed. Sharpness emphasis image data IS which also made sharp noises (noise) including the shape of a grain included in this image with an image The sharpness emphasis processing section 24 to create, Subject-copy image data IO. The data-smoothing section 26 which performs data smoothing and creates the smoothing image data IAV, subject-copy image data IO from -- the smoothing image data IAV being subtracted and with the edge noise mixture component extract section 28 which creates mixture image data deltaIEG in which the edge and noise of a photographic subject image are intermingled Edge data EO on the strength for performing edge detection of a photographic subject image from the subject-copy image data IO, and identifying a photographic subject edge field and a noise field The edge detecting element 30 for which it asks, this edge data EO on the strength from -- weighting multiplier WG of a noise field With the noise field weighting-factor operation part 32 for which it asks Weighting multiplier WG of the noise field for which mixture image data deltaIEG obtained in the edge noise mixture component extract section 28 was asked by the noise weighting-factor operation part 32 It takes advantaging. Noise data G0 of a noise field The noise component discernment separation section 34 for which it asks, Subject-copy image data IO Noise control distribution function s1 showing the breadth of noise control which can be set The noise control distribution function setting-out section 36 calculated and set up, Noise data G0 for which it asked in the noise component discernment separation section 34 Noise control distribution function s1 set up in the noise control distribution function setting-out section 36 Perform a convolution integral and the noise mottle control distribution (equivalent to the noise control distribution in this invention) M is calculated. The noise mottle control distribution operation part 38 for which it asks (equivalent to the noise control distribution operation part in this invention), Noise data G0 which searched for the noise mottle

control distribution M searched for by the noise mottle control distribution operation part 38 in the noise component discernment separation section 34 By carrying out multiplication Noise control component image data G1 Noise control component operation part 40 to compute, noise control component image data G1 computed by the noise control component operation part 40 Sharpness emphasis image data IS which carried out variable power and was calculated in the sharpness emphasis processing section 24 It subtracts from -- Processing image data I1 suitable for the image output unit 16 It has the noise control data-processing section 42 to change.

0029 The noise control and the sharpness emphasis image-processing section 20 shown in drawing 2 are constituted as mentioned above fundamentally. Next, the image-processing approach of this invention is outlined based on an operation of this processing section 20, referring to the flow chart which shows the processing algorithm of the image-processing approach of this invention shown in drawing 3.

0030 this example is shown in drawing 3 -- as -- every pixel -- first -- subject-copy image data IO from -- Sharpness emphasis processing is performed in the sharpness emphasis processing section 24 (step 100). Sharpness emphasis image data IS Obtain and data smoothing is performed in the data-smoothing section 26 (step 102). The smoothing image data IAV is obtained and intermingled mixture image data deltaIEG of the edge and noise which sharpness emphasis was carried out and were made sharp in the edge noise mixture component extract section 28 is extracted (step 104).

0031 on the other hand -- the edge detecting element 30 -- setting -- subject-copy image data IO from -- edge data EO on the strength for identifying a photographic subject edge field and a noise field asking -- edge detection -- carrying out (step 106) -- the noise field weighting-factor operation part 32 -- setting -- weighting multiplier WG of a noise field It calculates and asks (step 108). Furthermore, in the noise component discernment separation section 34, discernment and separation of noise data are performed (step 110). Namely, weighting multiplier WG of the noise field for which mixture image data deltaIEG was asked by the noise weighting-factor operation part 32 It takes advantaging and is the noise data G0. It asks.

0032 Next, it sets in the noise control distribution function setting-out section 36, and is the subject-copy image data IO. Noise control distribution Seki s1 showing the breadth of noise control which can be set Set up and it sets to the noise mottle control distribution operation part 38. Noise data G0 This noise control distribution function s1 Perform a convolution integral, search for the noise mottle control distribution M (step 112), and it sets to the noise control component operation part 40. It is the noise data G0 about the noise mottle control distribution M. By carrying out multiplication Noise control component image data G1 Calculate and compute (step 114 (it is a deed about the operation of noise mottle control distribution)), and it sets in the noise control data-processing section 42. sharpness emphasis image data IS obtained in the sharpness emphasis processing section 24 from -- noise control component image data G1 computed previously Carry out variable power and it subtracts (it is a deed about the operation of a noise control image). Furthermore, it is the processing image data I1 by changing into the image data suitable for the image output unit 16 if needed. It obtains (step 116).

0033 Next, each process which the image-processing approach of this invention mentioned above is explained to a detail. First, a sharpness emphasis process (step 100) is explained. Here, as an approach of emphasizing the sharpness of an image, they are an unsharp mask (Unsharp masking, USM) or Laplacian (Laplacian). It is known well. Also in this invention, if sharpness degradation of an image is slight by using these, the sharpness of an image can be emphasized.

0034 An unsharp mask is the subject-copy image data IO (x y) (the pixel location to observe) like a degree type. x And y ** -- it carries out from -- a part for the edge strong preparation which lengthened and asked for the images Iavx and y which equalized or obscured IO (x y) -- $IO(x y) - Iav(x y)$ a multiplier a -- hanging -- subject-copy image data IO (x y) By adding, like the following type (4) Sharpness emphasis image IS (x y) It is the approach of searching for.

$$IS(x, y) = IO(x, y) + a [IO(x, y) - Iav(x, y)] \quad (4)$$

Here, a is a constant which adjusts extent of sharpness emphasis. By subtracting quadratic differential (Laplacian) $**2 IO(x y)$ of the subject-copy image data IO (x y) from the subject-copy image data IO (x y), Laplacian is the approach of carrying out sharpness emphasis, and is expressed with a degree type.

$$IS(x, y) = IO(x, y) - **2 IO(x, y) \quad (5)$$

As a concrete example of the sharpness emphasis by Laplacian, a multiplier array of 3x3 like

the following formula (6) is used well.

0 -1 0 -1 -1 1 -2 1 -1 5 -1 -1 9 -1 -2 5 -2 (6)

0 -1 0 -1 -1 -1 1 -2 1 **0035** In this multiplier array, when strong sharpness emphasis is hung especially, it is easy to generate an unnatural profile on the edge of an image. Then, in order to lessen such a fault, it is desirable to use the unsharp mask using the dotage function of a normal-distribution mold (Gaussian) as shown in the formula (7) by this invention.

$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp - (x^2 + y^2) / 2\sigma^2$ (7)

Here, it is σ^2 . It is a parameter showing the breadth of a normal distribution function, and is edge $x=x_1$ of a mask. Ratio of the value which can be set, and the value in the core $x=0$ of a mask $G(1, x_0)/G(0, 0) = \exp -x_1^2 / 2\sigma^2$ (8)

By adjusting so that it may become $** 0.1-1.0$, it can consider as the thing of a request of the sharpness of the unsharp mask of 3×3 . If the value of a formula (8) is made into the value near 1.0, the almost same mask as the Laplacian filter of the center of a formula (5) can be made.

In order to change the sharpness of a mask, the spatial frequency of the image by which sharpness emphasis was carried out can be substantially changed by there being a method of changing the magnitude of a mask, for example, using the mask of 5×5 , 7×7 , and 9×9 grade.

0036 Moreover, the mask of an exponential model like things other than the above-mentioned normal-distribution mold, for example, the following type, (9) also as a function form of a mask can be used.

$E(x, y) = \exp - (x^2 + y^2) 1/2/a$ (9)

Here, a is σ^2 of a formula (8). It is the parameter with which the breadth of an unsharp mask is expressed similarly, and is the ratio of the value of the edge of a mask, and the central value of a mask. $E(1, x_0)/E(0, 0) = \exp -x_1^2/a$ (10)

By adjusting so that it may become $** 0.1-1.0$, it can consider as the thing of a request of the sharpness of the unsharp mask of 3×3 . The numerical example of the mask of the exponential function of the formula (9) when being referred to as $E(1, x_0) / E(0, 0) = 0.3$ is shown in a formula (10).

0.18 0.30 0.18 0.30 1.00 0.30 (11)

0.18 0.30 0.18 -- if one example of an unsharp mask is calculated from this mask, it will become like a degree type (12).

-0.12 -0.22 -0.12 -0.21 2.32 -0.21 (12)

- 0.12 -0.21 -0.12 **0037** Sharpness emphasis image data $IS(x, y)$ can be calculated from the subject-copy image data $I0(x, y)$ using such an unsharp mask. In addition, the unsharp mask and the sharpness emphasis approach which are used for this invention are not necessarily limited to what was mentioned above, and it is needless to say for the sharpness emphasis approach by other conventionally well-known unsharp masks, spatial frequency filtering, etc. to be applied. field E1 where an edge component is dominant in drawing 4 (a) And field E2 Subject-copy image data $I0$ which have a noise field including Field A and Field B with noise mottle, and Field C By showing an example of a single dimension profile wave and giving sharpness emphasis to this profile wave As shown in drawing 4 (b), it is a field E1. And field E2 While the signal of an edge is emphasized in the field where an edge component is strong like, it turns out that a noise component is emphasized also about a noise field including Field A, Field B, and Field C.

0038 Next, a smooth chemically-modified degree (step 102) is explained. As an approach of graduating, processing of a real space field and processing of a spatial-frequency field can be mentioned. In real space field processing, there are various approaches, such as the approach of calculating the average in quest of the sum of the adjoining whole pixel, and transposing to the value, a method of multiplying each pixel by the weighting factor, for example, the function of a normal-distribution mold, and calculating the average, and a method of performing un***** processing like a median filter. On the other hand, in processing of a spatial-frequency field, there is a method of hanging a low pass filter. For example, the following ceremony (13) can be held by the approach of equalization using a weighting factor. in addition, here (x, y) , etc. -- the position coordinate of the attention pixel in an image is expressed.

Equation 1

☐ ID=000003

0039 However, n is the mask size of equalization, and $w(x, y)$. It is a weighting factor. It will become an arithmetic average if $w(x, y) = 1.0$. Although the approach of applying the weighting factor of a normal-distribution mold and calculating the average in real space field

processing is used in this invention, it is not limited to this. At this time, it is desirable as a mask of processing to use the mask of the following nxn pixels. It is desirable to specifically use 3x3 to 5x5, 7x7, and about 9x9 thing.

w11 w12 w13 -- -- (14) w1nw 21w22w23 w2nw 31w32w33 w3n-

-- -- wn1 wn2 wn3 wnn **0040** An example of a 9x9-pixel mask is shown. Although the value normalized to 1.0 shows the main value by this formula (15), it is made for the sum of the whole mask to be set to 1.0 in actual processing.

0.09 0.15 0.22 0.28 0.30 0.28 0.22 0.15 0.09 0.15 0.26 0.38 0.47 0.51 0.47 0.38 0.26 0.15
0.22 0.38 0.55 0.69 0.74 0.69 0.55 0.38 0.22 0.28 0.47 0.69 0.86 0.93 0.86 0.69 0.47 0.28
0.30 0.51 0.74 0.93 1.00 0.93 0.74 0.51 0.30 (15)

0.28 0.47 0.38 0.47 0.51 0.47 0.38 0.26 0.15 0.09 0.15 0.22 0.28 0.30 0.28 0.22 0.15 0.09

0041 0.69 0.86 0.93 0.86 0.69 0.47 0.28 0.22 0.38 0.55 0.69 0.74 0.69 0.55 0.38 0.22 0.15

0.26 It can ask for the smoothing image data IAV (x y) from the subject-copy image data I0 (x y) using such a mask. In addition, as the smoothing approach used for this invention, it is not necessarily limited to the various approaches mentioned above, and it cannot be overemphasized conventionally that each well-known smoothing approach can be applied. While the result processed by data smoothing is shown by drawing 4 (c), the noise component of a noise field including Field A and Field B with noise mottle, and Field C is controlled and the profile wave shown in drawing 4 (a) becomes smooth at it, it is the field E1 where an edge component is dominant. And field E2 Even if it attaches, it turns out that an edge signal is controlled and it has become a smooth profile wave.

0042 Subsequently, the extract process (step 104) of an edge noise mixture component is explained. smooth image data IAV (x y) obtained to the smooth chemically-modified degree (step 102) Sharpness emphasis image data IS obtained at the sharpness emphasis process (step 100) according to the following formula (16) from -- mixture component deltaIEG (x y) which is fine structure data with which it subtracts and the edge by which sharpness emphasis was carried out, and a noise are intermingled It extracts.

deltaIEG(x y) = I0 (x y) - IAV (x y) (16)

Mixture component deltaIEG obtained according to the extract process of an edge noise mixture component by drawing 4 (d) using the profile wave shown by drawing 4 (b) and (c) (x y) The profile wave is extracted.

0043 Next, an edge detection process (step 106) is explained. Here, although the edge detection by the partial distribution method is explained as an example of representation as an example, this invention is not necessarily limited to this.

0044 In case edge detection is performed, concentration conversion by the following pretreatments is performed first. Such pretreatment is performed for improving the precision in the case of the edge detection which the noise which does not have correlation at R image data and G image data which constitute color picture data, and B image data is decreased, and is performed henceforth. that is, it was shown in the formula (17) -- as -- the concentration value DR of three colors of R, G, and B of the subject-copy image data I0 (x y), DG, and DB weighting factors r, g, and b -- hanging -- vision concentration (Visual density) DV It changes.

$DV = (rDR + gDG + bDB) / (r + g + b)$ (17)

As a weighting factor, a value like r:g:b=4:5:1 is used, for example. This conversion is performed for decreasing the noise which does not have correlation at R, G, and B, and raising the precision of edge detection. Although the range of the size of an array of pretreatment is good to use 5x5 or an about 7x7-pixel thing, it is for calculating fluctuation of the image concentration within the predetermined array mentioned later, moving using a small array, for example, about 3x3 array, within an array.

0045 In addition, it can ask for the weighting factors r, g, and b in edge detection as follows. about a weighting factor, when it observes visually, it is conspicuous (this -- a spectrum -- there is also a view that it corresponds to visibility distribution of-like), namely, it is desirable to set it as the optimal value based on the idea that the weighting factor of the image data of the large color of contribution is large. Although the experiential weighting factor is called for based on the vision assessment experiment etc., there are generally Society of Photographic Science and Technology of Japan by which the following values are known as general knowledge (granular appraisal method good corresponding to Takashi Noguchi and "psychology as well-known reference), 57 (6), and 415 (1994) and it changes with colors, the numeric value near the following ratio is shown.

r:g:b=3:6:1 r:g:b=4:5:1 (18)

r: g:b=2:7:1 -- here -- the ratio of a multiplier -- if the range of a value desirable as r:g:b was

specified, when b is set to 1.0 by $r+g+b=10.0$, the value of the range of $g=5.0-7.0$ is desirable as a value of g . However, it is $r=10.0-b-g$.

0046 Below, the edge detection by partial distribution of an edge detection process (step 106) is explained. detection of an edge -- the above-mentioned vision concentration DV Image data to $nE \times nE$ the partial distribution sigma which is the local standard deviation for every location of the using a formula (19) about the image concentration fluctuation within an array, moving the array of a pixel -- sequential attention pixel $(x \ y)$ every -- the photographic subject edge in an image is detected by calculating. Although what is necessary is just to decide suitably a pixel size of an array ($nE \times nE$) in consideration of detection precision and a count load, it is desirable to use 3×3 or about 5×5 magnitude, for example.

0047

Equation 2

☒ ID=000004

However, they are x and y about an attention pixel location. It carries out and is DV $(x+i-nE/2-1/2, y+j-nE/2-1/2)$. $nE \times nE$ which calculates the partial distribution sigma $(x \ y)$ It is the concentration of a pixel array and is $\langle DV(x \ y) \rangle$. It is the average concentration of the array and is **Equation 3**.

☒ ID=000005

It comes out.

0048 From the subject-copy image data IO, the partial distribution sigma $(x \ y)$ shown in the above-mentioned formula (19) is calculated $(x \ y)$, and it is the edge reinforcement EO $(x \ y)$ of a photographic subject image. In order to ask, the formula expressed with an exponential function like the following type (21) is used.

$EO(x \ y) = 1 - \exp -\text{sigma}(x \ y)/aE$ (21)

however, aE Threshold sigmaT of the partial distribution sigma $(x \ y)$ which is a multiplier at the time of changing the value of the partial distribution sigma $(x \ y)$ into edge reinforcement, and is assigned to edge on-the-strength $EO = 0.5$ -- if it carries out $aE = -\text{sigmaT} / \log_e(0.5)$ (22)

It comes out. sigmaT Although it is necessary to make a value into a suitable value with the magnitude of the signal of a noise and a photographic subject profile, in a color picture with a color **each** of 8 bits (256 gradation), its value of the range of 10-100 is desirable. If this conversion is created as a look-up table, it can shorten the computation time which conversion takes.

0049 Edge reinforcement EO $(x \ y)$ As a transformation for which it asks, it is not limited to the above-mentioned formula and other formulas can also be used. For example, the function of a GAUSHAN mold like the following type may be used.

$EO(x \ y) = 1 - \exp \{-\text{sigma}(x \ y)^2 / aE12\}$ (23)

however, $aE1$ -- sigma $(x \ y)$ from -- EO $(x \ y)$ Partial distribution sigma $(x \ y)$ which is a multiplier at the time of changing and is assigned to EO $(x \ y) = 0.5$ a threshold -- sigmaT -- if it carries out $aE12 = -\text{sigmaT}^2 / \log_e(0.5)$ (24)

It comes out. sigmaT In a color picture with a color **each** of 8 bits (256 gradation), the value of a value of the range of 10-100 is desirable.

0050 Moreover, this edge data EO $(x \ y)$ on the strength Like the formula (25) shown below, it is the greatest partial distribution data sigmaMax. It normalizes and is the one or less or more 0 data EO $(x \ y)$ which it normalized edge on the strength. You may obtain.

$EO(x \ y) = \text{sigma}(x \ y) / \text{sigmaMax}$ (25)

Here, it is sigmamax. Partial distribution data sigma $(x \ y)$ It is maximum and is sigma $(x \ y)$. It is a constant for normalizing. sigmaMax Partial distribution data sigma of the whole image which searched for the decision approach by the formula (19) from $(x \ y)$ -- maximum is calculated like the following formula (26).

$\text{sigmaMax} = \text{Max} \{\text{sigma}\}(x \ y)$ (26)

0051 Moreover, not using the maximum which can be found from the whole image, the above-mentioned formula (25) and (26) are used from the image data (about **of subject-copy image data 1** / four to 1/10) thinned out from the specific range or all the images for a center section of the high image of a probability with some images, for example, the important photographic

subject of an image, and it is maximum sigmaMax. You may ask. In this case, before the image data and the thinned-out image data of the specific range for an image center section perform an image processing and obtains processing image data, the various subject-copy image data for processing condition adjustment (press can image data) which can be beforehand obtained by the coarse pixel consistency may be used for it, and it may extract them from subject-copy image data. more -- desirable -- sigmaMax Partial distribution data sigma (x y) Average <sigma of the average of the value included in less than 5 - 10% of high orders at the time of arranging in an order from a large value, for example, the value included in less than 10% of high orders, >(x y) Max10% -- sigmaMax ** -- carrying out -- sigma (x y) This sigmaMax the case where it exceeds -- all -- sigmaMax It replaces. In this case, the average may be the average of the image data thinned out also by the average of many in case the average of the whole image or an important photographic subject is photoed predetermined range for a center section.

0052 By the way, as an edge detection method in this invention, it is not necessarily limited to the edge detection method of the above-mentioned partial distribution method, and other edge detection methods are available. There is an approach based on primary differential or quadratic differential in edge detection methods other than the above-mentioned partial distribution method, and the approach of further some is in each. First, there are the two following operators as an approach based on spatial primary differential. difference -- there are an operator of Prewitt, an operator of Sobel, an operator of Roberts, etc. as a mold edge extract operator. The operator of Roberts can express with the following type.

As $g(i, j) = \{f(i, j) - f(i+1, j+1) + f(i+1, j) - f(i, j+1)\} / 2$ template mold operator, 3x3 template equivalent to the edge pattern of eight directions is used. Robinson Operator There is an operator of Kirsh. Next, there is an approach using Laplacian as an approach based on spatial quadratic differential. In this case, since a noise is emphasized, after carrying out shading-off processing of a normal-distribution mold first, the approach of carrying out edge detection is used well.

0053 subject-copy image data IO shown in drawing 4 (e) at drawing 4 (a) from -- edge data EO on the strength called for at the edge detection process The wave is shown. Edge data EO on the strength shown in drawing 4 (a) It sets and is a field E1. And E2 It is the edge data EO on the strength near. It turns out that the value is large.

0054 Next, the count process (step 108) of a noise field pile attachment multiplier is explained. Edge data EO (x y) on the strength obtained at an edge detection process (step 106) It uses, the following formula (27) is followed and it is the weighting multiplier WE (x y) of an edge field. Weighting multiplier WG of a noise field after asking (x y) It asks according to the following type (28).

$$WE(x, y) = 1 - \alpha E + \alpha E EO(x, y) \quad (27)$$

$$W<SUB>G(x, y) = 1 - WE(x, y) \quad (28)$$

0055 Here, it is alphaE. It is the constant which sets up weighting of an edge field and a noise field, and an operator can set up or more 0 one or less any value. Weighting multiplier WE (x y) of an edge field 1-alphaE It becomes one or less value above, and is WE (x y). It is judged that the probability which is the edge field of a photographic subject in the pixel location is so high that it is large, and it is WE (x y). It is judged that the probability which is a noise field in the pixel location is high, so that it is small. Edge data EO (x y) on the strength which it normalized. In an edge field with the value near 1.0, it is alphaE. It is the weighting multiplier WE (x y) of an edge field irrespective of a value. It becomes a large value near 1.0 and is the weighting multiplier WG of a noise field (x y). It becomes the smallest. Edge data EO (x y) on the strength which it normalized on the other hand It takes for becoming smaller than 1.0, and is the weighting multiplier WE (x y) of an edge field. Minimum value 1-alphaE It approaches and is the weighting data WG of a noise field (x y). Maximum alphaE It approaches. Such alphaE It is alphaE, while it is beforehand set as the fixed value as a default and an operator looks at the processing image in which the image processing was carried out by this default. You may make it adjust a value if needed. In addition, alphaE Edge data EO (x y) on the strength which it normalized when it was 1 Self is the weighting multiplier WE (x y) of an edge field. It becomes and is 1.0-EO (x y). Weighting multiplier WG of a noise field (x y) It becomes.

0056 Weighting multiplier WG of the noise field which can be found in drawing 4 (f) from the edge data on the strength shown by drawing 4 (e) (x y) The wave is shown. Field E1 And E2 It is the weighting multiplier WG of a noise field (x y) near. The value is small. In addition, fields E1 and E2 Weighting multiplier WG of the noise field in the neighborhood (x y) A value is constant alphaE which sets up weighting of the edge field set up by the above-mentioned

formula (27), and a noise field. It becomes settled.

0057 Next, discernment / separation process (step 110) of noise data is explained. Mixture component deltaIEG in which the edge component which was obtained at the extract process (step 104) of an edge noise mixture component, and by which sharpness emphasis was carried out, and a noise component are intermingled (x y) Weighting multiplier WG of the noise field obtained at the noise pile attachment multiplier count process (step 108) as shown in the following formula (29) (x y) Multiplication is carried out and it is the noise data G0 (x y). It asks.

$$G0(x y) = \text{deltaIEG}(x y) \times WG(x y) \quad (29)$$

Mixture component deltaIEG shown in drawing 4 (g) at drawing 4 (d) (x y) Weighting multiplier WG of the noise field shown in drawing 4 (f) (x y) Noise data G0 (x y) obtained by carrying out multiplication A profile wave is shown and it is the field E1 where an edge component is dominant. Field E2 It turns out that the signal component of an edge is removed.

0058 Next, a noise mottle control distribution operation process (step 112) is explained. First, noise control distribution function s (r) showing the breadth of the noise control in the pixel of the noise field of a subject-copy image is set up like a formula (1). r is a coordinate (x y) made into the center position (zero) of the breadth of noise control of Point P here. It is the distance from the zero P of an attention pixel in which it is located.

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

Namely, $s(x y) = \exp(-(x^2+y^2)^{1/2}/a)$ It is expressed.

0059 Here, a in a top type (1) is a control range constant which adjusts the range of the breadth of the noise control in the pixel of a subject-copy image, is given beforehand or is set up by the input. (Bordering location rs, i.e., control distance, of the range which does noise control when the control range constant a is set up by the input Value smin in this location It is set up by setting.) namely, control distance rs Value smin from -- it calculates and asks for the control range constant a by the following formula (30).

$$a = -rs / \log(smin) \quad (30)$$

0060 Here, it is smin. It is desirable that it is **or more 0.1** 0.5 or less, and a value is the control distance rs. As for a value, it is desirable that it is the value of or more 1 1.5 or less range. When reading with a scanner etc. the image especially recorded on the film and obtaining subject-copy image data, as for setting out of the value of the control distance rs, it is desirable to change suitably according to granularity **that the film which changes with the classes and sensibility of a film format (image size of one coma of a film) or a film is granular (granular mottle)**, and the scan aperture size of the scanner which scans a film and obtains digital image data. That is, when **coarse** granular (granular mottle is also large), it is the control distance rs. A value is enlarged and, in the case of the shape of a conversely fine grain, it is the control distance rs. A value is made small. moreover, even if it is the same film which is suitably changed according to the scan aperture size of a scanner, when it considers as the case where the scan aperture of a scanner is 15micrometer**, and 10micrometer**, even when the value of the control range constant a is the same, it is because the pixel consistency of the image in the direction of 1.5 times and 10 micrometer** becomes **a actual image consistency** high and grain-like granularity changes.

0061 Moreover, this control distance rs Noise data G0 which will be obtained at step 110 if mask size of equalization of a smooth chemically-modified degree (step 102) is enlarged It is the control distance rs in order to control the component of this noise mottle, since the component of the noise mottle contained also fades greatly and spreads. It is necessary to enlarge. So, it is good to also change the control distance rs suitably according to the mask size for equalization of a smooth chemically-modified degree (step 102). When the control range constant a is made into a value larger 1.5 times to about 2 times than this mask size although the mask size for equalization of a smooth chemically-modified degree makes about 3 pixel x3 pixel the minimum mask size and about 11 pixel x11 pixel is made into the maximum mask size, for example, mask size is 3x3, it is the control distance rs. It is desirable to make a value about into five.

0062 A function like a formula (2) as such noise control distribution function s (r) may be set up.

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

Here, r is the distance from the center position of the breadth of noise control. In this case, the control range constant a is the control distance rs. Value smin in that location It uses and asks by the following formula (31).

$$a = rs / -\log(smin)^{1/2} \quad (31)$$

Or a function like the following type (3) as noise control distribution function $s(r)$ may be set up.

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

Here, a value is in the boxcar function of 1 and r of $\text{rect}(r/a)$ is the distance from the center position of the breadth of noise control. In this case, the control range constant a is the control distance r to set up. It carries out. Moreover, the same noise control distribution function $s(r)$ as a formula (1) can be obtained by being referred to as $s_{\min} = 1$ in a formula (2) and a formula (3).

0063 Such noise control distribution function $s(r)$ follows the following formula (32), and is one or less or more 0 noise control distribution function $s_1(x, y)$. It normalizes.

$$s_1(x, y) = s(x, y) / S \quad (32)$$

Here, S is the integral value which can be found by the following type (33).

Equation 4

☐ ID=000006

Noise control distribution function s obtained by drawing 4. (h) using a formula (1) (x, y) Noise control distribution function $s_1(x, y)$ normalized according to the formula (33) An example is shown.

0064 Next, this noise control distribution function $s_1(x, y)$ and noise data $G_0(x, y)$ that it normalized. It uses, finds the integral by collapsing in the range which noise control does like the following type (34), and is the noise mottle control distribution $M(x, y)$. It computes.

Equation 5

☐ ID=000007

noise mottle control distribution $M(x, y)$ computed here A certain attention pixel location (x, y) It is that for which collapses extent of the control received from other pixels of the noise which can be set, and it asks according to an integral. Subject-copy image data I_0 It is a thing equivalent to diffusion distribution of the development inhibitor generated at the time of the development of the silver halide particle in a film sensitization layer in the case of being the image data read in the film image with the scanner etc. Noise data G_0 It considers that fluctuation is distribution of the particle of sensitive material, and is the subject-copy image data I_0 . Noise mottle control distribution M equivalent to the diffusion distribution of the development inhibitor generated focusing on the silver granule child of sensitive material included (x, y) It asks.

0065 Noise data G_0 shown in drawing 4 (g) when the example shown in drawing 4 explains Noise mottle control distribution M as shown in drawing 4 (i) by computing according to a formula (34) using the noise control distribution function $s_1(x, y)$ shown in drawing 4. (h) (x, y) It obtains. Drawing 4 (i) means that the value of noise mottle control distribution becomes large in the part shown in the field A in drawing, Field B, and Field C, and the concentration of the development inhibitor generated with silver salt sensitive material is high in the parts of this field A, Field B, and Field C in silver salt *****. Thus, noise mottle control distribution $M(x, y)$ It is computed.

0066 Next, a noise mottle control component operation process (step 114) is explained. Noise mottle control distribution M calculated and computed by step 112 at the noise mottle control component operation process (x, y) Noise data G_0 for which it asked at step 110 as shown in the following formula (35) By carrying out multiplication, it is the noise control component image data $G_1(x, y)$. It calculates.

$$G_1(x, y) = G_0(x, y) \times M(x, y) \quad (35)$$

0067 Noise mottle control distribution $M(x, y)$ Noise data G_0 Multiplication is carried out for taking into consideration controlling according to an operation of the development inhibitor generated in silver salt sensitive material, and a silver granule child in the case of silver salt sensitive material. At the example shown in drawing 4, it is the noise control component image data $G_1(x, y)$ to drawing 4 (j). It is shown. Noise control component image data $G_1(x, y)$ shown in drawing 4 (j) Noise data G_0 shown in drawing 4 (g) When it compares, it is the other field E1 in Field A, Field B, and Field C, for example, a field. Field E2 It turns out that it receives and the value is large relatively.

0068 Finally, a noise control image operation process (step 116) is explained. noise control

component image data G1 (x y) for which it asked at step 114 in the noise control image operation process Sharpness emphasis image data IS calculated at step 100 after carrying out variable power using the noise control multiplier alpha, as shown in the following formula (36) from -- it subtracts and asks for processing image data I1'.

$$I1' (x y) = I0 (x y) - \text{Alpha} \times G1 (x y) \quad (36)$$

Here, the noise control multiplier alpha is a parameter which controls extent of noise control and which can be set up, and a setting-out input is suitably carried out. Or a default setting value may be established beforehand and you may change if needed. Then, the image data suitable for the image output unit 16 is changed, and it is the processing image data I1 from processing image data I1'. It obtains:

0069 Processing image data I1' as shown in drawing 4 (k) in the example shown in drawing 4. It turns out that a profile wave can be acquired, a noise is greatly removed in the field of noise mottle, such as Field A, Field B, and Field C, and the noise is appropriately removed also in the other noise field. And subject-copy image data I0 shown in drawing 4 (a) It compares and is a field E1. Field E2 Sharpness emphasis of the edge field is carried out.

0070 Like the granular component in photosensitive material etc., the above-mentioned image-processing approach affects the pixel field where a granular component is fixed, namely, although it is effective as an image processing for granular control when affecting the granular component whose granular components are other pixels. Moreover, the describing above image-processing method is effectively applicable from performing blemish defective amendment etc. using the image data of other pixels also in the digital camera using CCD which is not influenced of the noise component of other pixels, an MOS image sensor, etc. As a CCD image sensor, it is applied also to the thing of a honeycomb array given in JP,10-136391,A.

0071 In addition, as the image-processing approach for noise control, by JP,11-250246,A, although the approach of multiplying a noise component by the compression coefficient for which it asked from the edge reinforcement of an image, and controlling a noise is proposed, since a fixed compression coefficient is applied, in a noise field, the amplitude of a noise is compressed-like proportionally. Moreover, fluctuation of a noise can also be carried out in the direction more uniform than the image-processing approach indicated by the above-mentioned official report by adopting the compression coefficient to which compressibility becomes high, so that the amplitude of a noise becomes large, i.e., performing nonlinear conversion to the magnitude noise (amplitude) of fluctuation. However, the image-processing approach of this invention is processing which performs noise control to the noise field A in which fluctuation of a noise component is formed greatly spatially, for example, the field shown by drawing 4 (a), Field B, and Field C, and fluctuation of a noise can control it more greatly in a large location; and, unlike performing control processing to the amplitude of a noise like the two above-mentioned approaches, it can equalize fluctuation of a noise like noise mottle.

0072 The image-processing approach of this invention is explained as mentioned above. Such an image-processing approach may be the program which may constitute as an image processing system which consists of a circuit or hardware, and which was mentioned above, or demonstrates a function in a computer as software, and may be offered as the record medium which the computer which recorded the program for performing the above-mentioned approach in this case can read, a CD-ROM, etc.

0073 The improvement effect remarkable when such an image-processing approach of this invention is applied to silver salt color photography, for example, the photograph photoed to 35mm negative color film, like it is understood for sharpness at a glance as it is granular was able to be acquired. Since it had the treatment effect which is equal to the granular amelioration by atomization of sensitive material about the shape of a grain especially, the unnaturalness and sense of incongruity "granular fade and " which were the fault of various kinds of granular clearance approaches based on the conventional equalization or reduction of fluctuation were lost. Moreover, about sharpness, the enhancement effect larger than a conventional unsharpness mask and the conventional Laplacian filter was acquired by combining with the above-mentioned granular control, without worsening the shape of a grain. Moreover, when applied also to the image photoed by the digital still camera, the remarkable improvement effectiveness in image quality was acquired like the color picture by the above-mentioned silver salt color photography.

0074 As mentioned above, although the image-processing approach, image processing system, and record medium of this invention were explained to the detail, this invention of various kinds of amelioration and modification being made is natural in the range which definition is not carried out to the above-mentioned example, and does not deviate from the summary of this

invention.

0075

Effect of the Invention As explained to the detail, according to this invention, as mentioned above, by carrying out sharpness emphasis of the subject-copy image first. Since a photographic subject image and the both sides of a noise are made sharp, a photographic subject profile and a noise component are extracted from the image and a noise component is removed selectively. The unnatural artifact is not formed in the boundary of a noise rejection field and a sharpness emphasis field, either, without not forming the big unevenness which a noise fades and looks unpleasant visually, but taking the low picture signal of contrast for a noise. Furthermore, since the noise component is controlled when the concentration fluctuation of a noise component extracts a coarse field spatially and removes greatly selectively, few (concentration fluctuation is small) therefore, concentration fluctuation can be equalized, also spatially, it can also make for a processing image to contain coarse large noise components, such as noise mottle, into a fine noise, and, also visually, control of a natural noise can be realized.

0076 Moreover, according to this invention, when a noise is granular, sharpness emphasis of the shape of a grain is carried out, and granular components, such as large granular mottle of fluctuation, are removed and controlled spatially, and natural granular depressor effect without the visual sense of incongruity and the displeasure like the shape of a fine dotage grain with which a granular pattern is obtained when a fine grain emulsion is used in the sensitive material of a film photo, detailed-izing and since it is equalized and which is the fault of the conventional method become granular and using smoothing is acquired. Moreover, by applying the image-processing method of this invention to silver salt color photography sensitive material, there are no so-called unnaturalness and so-called sense of incongruity "granular fade and " which were the fault of the conventional granular control art, the shape of a grain is improved, a very remarkable improvement effect can be acquired, and big effectiveness is acquired on industry.

Brief Description of the Drawings

Drawing 1 It is the block diagram showing one example incorporating the image processing system concerning this invention of the system which reads a color photography image, performs noise control and the image processing of sharpness emphasis, and outputs a color picture with an output unit.

Drawing 2 It is the block diagram showing one example of the image-processing section which performs noise control of the image processing system concerning this invention, and the image processing of sharpness emphasis.

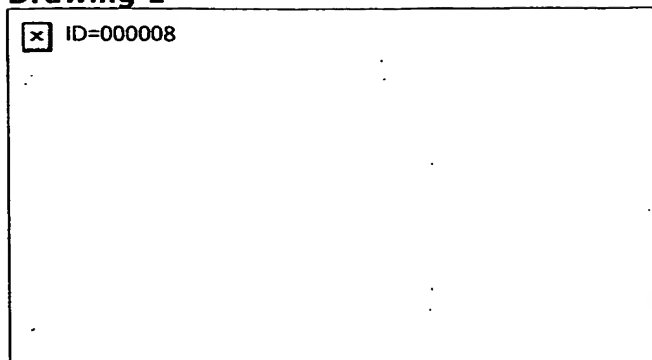
Drawing 3 It is the block diagram showing one example of the image-processing approach of this invention.

Drawing 4 (a) - (k) is drawing showing an example by which image data is processed by the image-processing approach of this invention.

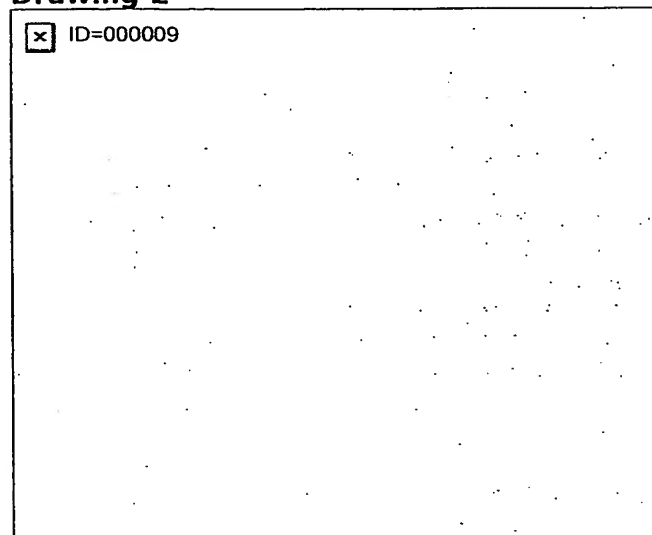
Description of Notations

- 10 Color Picture Regeneration System
- 12 Picture Input Device
- 14 Image Processing System
- 16 Image Output Unit
- 18 Color and Tone Processing Section
- 20 Noise Control Image-Processing Section
- 22 Picture Monitor and Image-Processing Parameter Setup Section
- 26 Data-Smoothing Section
- 28 Edge Noise Mixture Component Extract Section
- 30 Edge Detecting Element
- 32 Noise Field Weighting-Factor Operation Part
- 34 Noise Component Discernment Separation Section
- 36 Noise Control Distribution Function Setting-Out Section
- 38 Noise Mottle Control Distribution Operation Part
- 40 Noise Control Component Operation Part
- 42 Noise Control Data-Processing Section

Drawing 1



Drawing 2



Drawing 3

☒ ID=000010

Drawing 4

☒ ID=000011

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.